Masaya Fujita, Yoshinori Taniguchi and Kazuto Ujihara : Relationship between Young Panicle Length at the Beginning of Stem Elongation Stage and Heading Traits in Wheat (*Triticum aestivum* L.) Grown in the Southwestern Part of Japan. (English Summary on p. 491)

わが国西南暖地におけるコムギの茎立ち時期の幼穂長と出穂特性との関係

藤田雅也^{1,3)}・谷口義則¹⁾・氏原和人²⁾

(¹⁾九州農業試験場, 筑後市, 〒833, (²⁾北陸農業試験場, 上越市, 〒943-01, (³⁾現・四国農業試験場, 善通寺市, 〒765)

摘 要

わが国の西南暖地における凍霜害回避型早生コムギ品種としては、茎立ちが遅い早生品種が考えられる。そこで、幼穂分化及び茎立ち時期と出穂特性（春化要求度・純粋早晩性・感光性）との関係を明らかにするため、極早生から中生までのコムギ 32 品種・系統を材料として、幼穂分化程度、幼穂長、茎立ち時期、出穂期等を 2 か年にわたって調査した。その結果、茎立ちが極めて早い系統は春化要求度が小さいこと、また茎立ち時期の幼穂長に品種間差異があり、茎立ち時期が同じでも、幼穂長が長い方が早く出穂することが明らかとなった。茎立ち時期の幼穂長は、感光性が大きい系統では短い傾向が認められたが、感光性が小さい系統では長いものから短いものまで変異が大きかった。従って、茎立ち時期の幼穂長の品種間差異を感光性のみで説明することはできなかった。また、茎立ち時期の幼穂長が長い系統は、低温短日条件下でも生育が早いと報告されている中国 114 号 (Yoshida *et al.* 1983) と近縁関係にある系統が多く、このことから温度反応との関係が示唆された。以上の結果から、茎立ち時期が同じでもその時の幼穂長が長ければ出穂期は早くできると考えられ、茎立ち時期の遅い秋播型系統にこの特性を導入することにより、凍霜害回避型早生コムギ品種が育成できると考えられた。

Key Words : *Triticum aestivum*, young panicle length, stem elongation, vernalization requirement, narrow-sense earliness, photoperiodic response, heading date.

緒 言

わが国の西南暖地の小麦作では、収穫期の雨害回避や水稻作との関係から早生コムギ品種の育成が求められている。しかし、一般に出穂期が早い品種ほど茎立ちも早く、暖冬年には生長が促進されて凍霜害などの問題が生じやすい。このため、この関係を打破した茎立ちの遅い

早生コムギ品種を育成する必要がある。

コムギの出穂期は、播性程度、純粋早晩性及び感光性の 3 形質の複合形質であり (Yasuda and Shimoyama 1965), これらの出穂特性とわが国のコムギの早生化育種との関係が明らかにされている (Yoshida *et al.* 1983). これに対して、茎立ち時期の早晩については、同時期に成熟する品種・系統間でも、茎立ち時期が異なることが明らかにされており (吉田ら 1985), 一般に播性程度が低い品種ほど早いとされている (稲村ら 1958). しかし、凍霜害と関係のある幼穂分化や茎立ち時期と播性程度以外の出穂特性との関係は明確になっていない。

そこで本報告では、主に西南暖地で育成された極早生系統から農林 61 号並の中生品種までの 32 品種・系統を用いて、幼穂分化程度、幼穂長、茎立ち時期、出穂期等を 2 か年にわたって調査し、出穂特性との関係を解明した。

材料および方法

供試品種・系統は、西南暖地で育成された極早生から中生の農林番号品種 6 品種、地方番号系統 7 系統、秋播型早生系統 9 系統、羽系系統等 7 系統及び外国早生品種 3 品種の計 32 品種・系統である。西南暖地のコムギ品種のほとんどが春播型であるため、供試材料の播性程度に変異を持たせるように九州農業試験場で春播型の極早生系統と秋播型品種との交雑後代から育成した秋播型早生系統 (藤田ら 1990) を含めた。

圃場試験は九州農業試験場 (福岡県筑後市, 北緯 33 度 12 分, 東経 130 度 30 分, 標高 10 m) で行い、条間及び株間各 12 cm の 2 条千鳥 1 株 2 粒播で、1989/90 年は 11 月 15 日に、1990/91 年は 11 月 11 日に播種した。冬期にはほぼ 2 週間毎に各系統から 4~6 株を抜取り、主稈の幼穂分化程度 (稲村ら 1956), 幼穂長及び稈長の経時的変化を調査した。稲村ら (1958) は、幼穂がほぼ地表に出る稈長 20 mm の時期を「茎立ち時期」としており、本報告の「茎立ち時期」もこれによった。調査の間隔が約 2 週間あり、稈長が 20 mm になった日を特定できなかったため、播種から茎立ち時期 (稈長 20 mm) 迄の日数と、その時の幼穂長を回帰式により推定した。回

帰式は、指数曲線 $Y = a \cdot b^X$ (X = 播種後日数, Y = 稈長または幼穂長) を用い、いずれの品種・系統も重相関係数が 0.96 以上、多くは 0.98 以上となりよく一致した。

出穂特性の解析に際して、各品種・系統 10 粒の催芽種子をバットに播種し、無春化・24 時間日長、春化・9 時間日長及び春化・24 時間日長の 3 処理区を設け、いずれも 20℃ 条件の人工気象室内で栽培し、第 1 葉展開日と止葉展開日を調査した。なお、後者の 2 処理区については、24 時間日長・3℃ の種子緑体法 (百足ら 1975) で 40 日間春化処理を行った。

播種期の移動により検定する播性程度は、後藤 (1976) が指摘するように感光性や調査年の気温の影響を受けるため、無春化・24 時間日長の播種後止葉展開まで日数を春化要求度として調査した。純粋早晩性は春化・24 時間日長区での止葉展開まで日数の推定値 (Kato and Yamagata 1988) により、感光性は春化後の止葉展開まで日数の日長条件による差異により、それぞれ評価した。

結果

試験を実施した 2 か年とも暖冬傾向で、特に 1989/90 年は茎立ち時期にあたる 2 月から 3 月の平均気温が平年より 2~3℃ 高かった。標準品種である農林 61 号の出穂期は、1989/90 年は平年より 11 日、1990/91 年は平年より 4 日早かった。

このため、供試品種・系統の茎立ち時期も全般に早く、1989/90 年は播種後 76 日から 108 日までの 33 日間、1990/91 年は播種後 75 日から 130 日までの 56 日間の明瞭な品種間差異が認められた (Fig. 1)。出穂期では、1989/90 年は 3 月 13 日から 4 月 7 日までの 26 日間、1990/91 年は 3 月 21 日から 4 月 13 日までの 24 日間の品種間差異が認められた。また、茎立ち時期の幼穂長にも品種間差異が認められ、1989/90 年は 2.7 mm から

6.1 mm までの 3.5 mm、1990/91 年は 3.5 mm から 8.8 mm までの 5.4 mm の差異があった。なお、調査の間隔が約 2 週間であるため推定となるが、茎立ち時期の幼穂分化程度はⅨ中期からⅩ期で、幼穂長が長いほど幼穂分化程度も進んでいた。

茎立ち時期、その時の幼穂長、出穂期の 3 形質間の関係を Fig. 1 に示す。なお、幼穂長は実測値ではなく、上位と下位の各 10 品種・系統と中間の 3 グループに分けて示した。茎立ち時期が早いほど出穂期も早い傾向にあるが、茎立ち時期が同じでも、幼穂長が長いグループの出穂が早かった。また、茎立ち時期の幼穂長が長いグループでは 6 品種・系統、短いグループでは 9 品種・系統が両年次間で共通しており、幼穂長が長い系統は、極早生系統に多くみられた。各形質の年次間相関係数は、出穂期が 0.905、茎立ち時期が 0.851、茎立ち時期の幼穂長が 0.729 といずれも高く (Table 1)、両年とも類似した品種特性が認められた。

供試品種・系統の出穂特性は、春化要求度は 27.0 日から 99.9 日までの 73.0 日間、純粋早晩性は 23.0 日から 31.6 日までの 8.7 日間、そして感光性は 1.8 日から 8.0 日までの 6.3 日間の品種間差異が認められた。出穂特性の 3 形質と茎立ち時期、その時の幼穂長及び出穂期との間での相関係数を Table 1 に示す。出穂期はいずれの形質とも 1% 水準で有意な相関関係にあり、特に感光性及び茎立ち時期の幼穂長との相関係数が高かった。茎立ち時期も出穂特性の 3 形質のいずれとも 5% 水準以上で有意な相関関係にあり、中では春化要求度及び純粋早晩性との相関係数が高かった。これに対し、茎立ち時期の幼穂長は、感光性とのみ有意な相関関係が認められた。また、茎立ち時期とその時の幼穂長との間には、有意な相関関係は認められなかった。

2 か年とも類似した結果であるため、茎立ち時期及びその時の幼穂長について品種間差異が大きかった 1990/91 年について、春化要求度と茎立ち時期との関係

Fig. 1. Relationship between earliness of stem elongation and heading date. Varieties were symbolized according to their young panicle length at the beginning of stem elongation, as shown in the figure.

Table 1. Correlation coefficients between heading traits and developmental characters

	Narrow-sense earliness ¹⁾	Photo-periodic response ²⁾	Heading date	Earliness of stem elongation	Young panicle length at the beginning of stem elongation
Days to flag-leaf without vernalization	0.730**	0.167	0.460** 0.464**	0.649** 0.762**	-0.096 -0.205
Narrow-sense earliness		0.302	0.611** 0.532**	0.705** 0.688**	-0.140 -0.316
Photoperiodic response			0.735** 0.605**	0.365* 0.491**	-0.668** -0.478**
Heading date			(0.905**)	0.631** 0.694**	-0.772** -0.638**
Earliness of stem elongation				(0.851**)	-0.094 -0.333
Young panicle length at the beginning of stem elongation					(0.729**)

upper : 1989/90, lower : 1990/91, Figures in the parentheses show year to year correlation.

*, **: Significant at 5 and 1% level, respectively.

¹⁾ Days to flag leaf unfolding of vernalized plants under a 20°C and 24 hour day-length condition, calculated by taking the periods of vernalization into account. (Kato and Yamagata 1988)

²⁾ Difference in the days to flag leaf unfolding of vernalized plants between 9 and 24 hour day-length conditions.

Fig. 2. Relationship between days to flag-leaf unfolding without vernalization and earliness of stem elongation (1990/91).

を Fig. 2 に、感光性と茎立ち時期の幼穂長との関係を Fig. 3 に示す。春化要求度が大きくなると茎立ち時期が遅くなる傾向にあった。特に、茎立ち時期の極めて早い系統は、無春化区での止葉展開まで日数が 35 日以下であった (Fig. 2) ことから、これらの品種・系統の春化要求度は I ~ II と考えられた (後藤 1976)。茎立ち時期の幼穂長は、感光性が大きい系統では短い傾向が認められたが、感光性が小さい系統では長いものから短いものまで変異が大きかった (Fig. 3)。従って、茎立ち時期の幼穂長の品種間差異を感光性のみで説明することはできなかった。

考 察

凍霜害を回避できる早生コムギ品種として、茎立ち時

期は遅いが、出穂期は早い品種が考えられる。コムギの出穂期は、播種程度、純粋早晩性及び感光性の 3 形質の複合形質であり (Yasuda and Shimoyama 1965)、本試験においても、それぞれの形質と 1% 水準で有意な相関関係を認めた。

一方、茎立ち時期は、春化要求度及び純粋早晩性との相関関係が強く、特に茎立ち時期の早い系統は、春化要求度が I ~ II と考えられる系統にのみ見られた。従って、春化要求度を小さくすることで早生化を図ることは、凍霜害の観点から問題があると考えられた。逆に春化要求度の高い秋播型系統は、いずれも茎立ち時期が遅く、準同質遺伝子系統を用いた試験から、春播型より凍霜害回避上有効なことが明らかになっており (藤田ら 1995)、出穂期の変動が小さいことが確かめられている (木崎原ら 1983)。また、純粋早晩性も春化要求度と同様に茎立ち時期や出穂期と高い相関関係があり、出穂期の調節 (Kato and Yamashita 1991) とともに、茎立ち時期の早晩にも関与していると考えられた。

コムギ品種はオオムギ品種に比べて幼穂分化程度の割に稈の伸長が大きく、凍霜害に遭う危険性が高いとされている (吉田・神尾 1985)。コムギの品種間においても、同一日の調査で幼穂分化程度が同程度でも稈長の差異が認められている (稲村ら 1958)。本試験では、稈長を一定として比較したため、稲村らのいう品種間差異が、幼穂長の品種間差異として観察されたと考えられる。そして、茎立ち時期の幼穂長が長い品種・系統は、茎立ち時期の割に出穂期が早い傾向が認められた (Fig. 1)。これらの品種・系統は、茎立ち時期までに幼穂の生育が

Fig. 3. Relationship between photoperiodic response and young panicle length at the beginning of stem elongation (1990/91).

Table 2. Phenological development of winter wheat line "Aki 40" (1990/91)

Cultivar or line	Type	'91.2.1		'91.2.19			'91.3.8		Heading
		Ear devel- opment stage ¹⁾	Ear length ±SD (mm)	Ear devel- opment stage ¹⁾	Ear length ±SD (mm)	Stem length ±SD (mm)	Ear length ±SD (mm)	Stem length ±SD (mm)	date
Aki 40	winter	VII e	0.5 ± 0.0	IX e	1.8 ± 0.1	2 ± 0.1	4.1 ± 0.6	16 ± 1.4	8 Apr.
Asakazekomugi	spring	IX e	1.8 ± 0.1	IX l	2.8 ± 0.2	8 ± 0.7	11.0 ± 2.5	66 ± 4.1	6 Apr.

¹⁾ Ear development stage was scored according to Inamura *et al.* (1956)

進んでいるため、茎立ち時期から出穂期までの期間が短く、凍霜害に遭う危険性が少ないと考えられる。

茎立ち時期の幼穂長は出穂特性のうち感光性とのみ相関関係が認められたが、感光性のみでは説明できず、他の要因が考えられた。後藤 (1977) は、春化後高温短日条件下で止葉展開まで日数が同じ品種間に、春化後低温短日条件下では止葉展開まで日数に品種間差異があることを示した。このことから、温度反応も出穂期の調節に関与しており、低温短日で生育の早いことが、暖地コムギの早生化育種の重要な要因の一つであるとしている。播性がⅣ程度の秋播型品種は、圃場条件では年内にほぼ春化が終了しているので (橋本・平野 1961)、同時期に茎立ちした品種・系統における幼穂長の差異は、後藤 (1977) が指摘した短日条件下での温度反応との関係を示唆している。また、本試験で茎立ち時期の幼穂が長かった品種・系統は、Yoshida *et al.* (1983) が、低温短日条件下での生育が早いと報告した中国 114 号を含め、多くが中国 114 号と近交係数が 1/8 以上の近縁関係の高い極早生系統であった。中国 114 号は、これまで暖地コムギの早生化育種の母本として多く使われており、感光性が小さく、茎立ち時期の幼穂長が長い系統である。この中国 114 号を親とした組合せから、出穂期の早い系統を選抜してきた結果、感光性が小さい特性とともに、茎立ち時

期の幼穂長が長い特性が導入されたと考えられる。

以上の結果から、茎立ち時期が同じでもその時の幼穂長が長ければ出穂期は早くできると考えられ、茎立ち時期の遅い秋播型系統にこの特性を導入することにより、凍霜害回避型早生コムギ品種が育成できると考えられた。

供試した系統の中に、秋播型で中国 114 号を祖先に持ち、茎立ち時期の幼穂長が長い特性を持つ「秋 40」という系統がある。この系統は、アサカゼコムギに近い出穂期であるが、幼穂分化開始が遅く、茎立ち時期も遅いこと (Table 2) から、凍霜害回避型早生コムギとして、理想的な生育パターンと考えられる。

謝 辞

本報告をまとめる上で、多くの御助言をいただいた九州農業試験場佐々木昭博博士に、心から感謝の意を表します。

引用文献

- 藤田雅也・谷口義則・氏原和人・佐々木昭博 (1995) コムギ極早生品種の秋播型準同質遺伝子系統の幼穂分化と節間伸長. 育種 45: 97-104.

- ・吉川 亮・氏原和人 (1990) 暖地におけるコムギ秋播型早生系統の出穂特性. 育雑 40 (別 2): 246-247.
- 後藤虎男 (1976) コムギにおける春化要求度の品種間差に関する研究. 育雑 26: 307-327.
- (1977) コムギ品種の日長・温度に対する反応の品種間差異について. 育雑 27: 57-69.
- 橋本 隆・平野寿助 (1961) コムギにおける戸外秋播栽培条件下で春化の終る時期. 日作紀 29: 249-250.
- 稲村 宏・鈴木幸三郎・野中舜二 (1956) 大麦及び小麦の幼穂分化基準について. 関東東山農試研報 8: 75-81.
- ・山賀一郎・鈴木幸三郎・後閑宗夫 (1958) 大小麦早生品種育成に関する研究. 第 I 報 大小麦品種の早春における幼穂凍死と節間伸長との関係. 関東東山農試研報 11: 20-28.
- Kato K. and H. Yamagata (1988) Method for evaluation of chilling requirement and narrow-sense earliness of wheat cultivars. Japan J. Breed. 38: 172-186.
- and S. Yamashita (1991) Varietal variation in photoperiodic response, chilling requirement and narrow-sense earliness and their relation to heading time in wheat (*Triticum aestivum* L.). Japan J. Breed. 41: 475-484.
- 木崎原千秋・真鍋尚義・今林惣一郎・古城斉一・山田俊雄 (1983) 小麦の作期の早期化による作柄安定と増収に関する研究. 第 1 報 早播好適品種. 日作九支報 50: 30-32.
- 百足幸一郎・神尾正義・細田 清 (1975) 耐さびコムギ育種における世代促進技術の開発研究. 東北農試研報 51: 1-50.
- Yasuda S. and H. Shimoyama (1965) Analysis of internal factors influencing the heading time of wheat varieties. Ber. Ohara Inst. landaw. Biol., Okayama Univ. 13: 23-38.
- Yoshida H., M. Kamio and K. Kawaguchi (1983) Evaluation of cultivars for early maturity in the Japanese wheat breeding. In "Proc. 6 th Int. Wheat Genet. Symp.", Kyoto, Japan, 601-612.
- 吉田 久・神尾正義 (1985) コムギとオオムギ品種の発育段階で区分した早熟特性の差異. 育雑 35: 323-331.
- ・川口数美・神尾正義 (1985) 生育期間の分割によるコムギの早熟化の評価. 育雑 35: 167-174.

Summary

Early maturity has been one of the major breeding objectives in wheat (*Triticum aestivum* L.) in the south-western part of Japan, because this trait is desirable for double cropping with summer crops such as rice, and for avoiding pre-harvest sprouting which often occurs in the rainy season. However, early maturing cul-

tivars usually belong to the spring type which is prone to frost damage in early spring because of the earliness in ear primordia initiation and stem elongation.

The relationship between ear primordia initiation, young panicle length, stem elongation and heading traits, i.e. vernalization requirement, photoperiodic response and narrow-sense earliness, was assessed for 32 cultivars and lines. Date of the beginning of stem elongation, which was defined as the time when the main stem length reached 20 mm, and young panicle length at that time were estimated using an exponential curve based on the records made at an interval of two weeks.

There were large varietal differences in the young panicle length at the beginning of stem elongation. Cultivars and lines with a longer young panicle at the beginning of stem elongation, headed earlier than those with a shorter one in the same stem elongation class (Fig. 1). In the cultivars and lines with an early onset of stem elongation, the vernalization requirement was minimal (Fig. 2). Winter type cultivars and lines exhibiting a late onset of stem elongation were considered to be able to avoid frost damage. Cultivars and lines with a longer young panicle at the beginning of stem elongation exhibited a neutral response to photoperiod (Fig. 3, Table 1), and many of them were the relatives of Chugoku 114 which has been used as a cross parent for its early maturity and displays rapid growth under short photoperiod and low temperature conditions (Yoshida *et al.* 1985).

These results indicated that early heading cultivars that can avoid frost damage, like the experimental line Aki 40 (Table 2), could be bred by introducing the character, which induces a longer young panicle at the beginning of stem elongation, into winter type cultivars and lines.

M. Fujita^{1,3)}

Y. Taniguchi¹⁾

K. Ujihara²⁾

¹⁾ Kyushu National Agricultural Experiment Station, MAFF, Chikugo, Fukuoka 833, Japan

²⁾ Hokuriku National Agricultural Experiment Station, MAFF, Joetsu, Niigata 943-01, Japan

³⁾ Present address: Shikoku National Agricultural Experiment Station, MAFF, Zentsuji, Kagawa 765, Japan