

乾物分配率からみた春播コムギの生育相と 品種特性との関係*

高 橋 肇・中世古公男・後 藤 寛 治

(北海道大学農学部)

昭和 63 年 7 月 31 日受理

要 旨：前報⁵⁾において春播コムギ 2 品種の乾物分配率を検討したところ、春播コムギの生長は止葉分化期、止葉出葉期、開花期および乳熟期を転換点として 5 つの生育相に区分されることが明らかとなった。本研究では、生育特性の異なる 3 品種（長稈ハルヒカリ、半矮性ハルユタカ、長稈、晩生 Selpek）を用いてこの結果を確認するとともに、各生育相における葉身、穂、子実の乾物分配率（Y）を出芽後日数（X）に対する回帰で示し（第 3 図）、回帰式の係数および定数を用いてこれら 3 品種の特性を検討した（第 2 表）。

生育相 I（出芽期～止葉分化期）および生育相 II（止葉分化期～止葉展開期）における葉身への分配率は $Y_{11}=b_1X+c_1$ および $Y_{12}=-b_2X+c_2$ の一次式で示されたが、長稈品種の Selpek は係数 b_2 の値が小さいことから、生育相 II の期間が長く、この間の稈への分配が大きいことが示唆された。また、生育相 III（止葉出葉期～開花期）では、穂（子実を除く）への分配率は $Y_e=-a_3(X-b_3)^2+c_3$ で示されたが、曲線の膨らみを示す係数 a_3 の値は品種間に差がみられず、穂の伸長する期間の長さは 3 品種とも同様であった。しかし、曲線の頂点の高さを示す定数 c_3 の値はハルユタカで高く、大きなシンク容量を形成したことが示唆された。一方、生育相 IV（開花期～乳熟期）においては、子実への分配率は $Y_g=b_4X-c_4$ で示され、同じ長稈品種でもハルヒカリは分配速度を示す係数 b_4 の値が小さく、開花期前後の稈の伸長による稈への分配が大きかったことが示唆された。

キーワード：回帰、乾物分配率、器官別乾物重、生育相、半矮性品種、長稈品種、春播コムギ。

Growth Phases of Spring Wheat in Terms of Dry Matter Partitioning and its Relation with Some Characteristics of Varieties : Tadashi TAKAHASHI, Kimio NAKASEKO and Kanji GOTOH (*Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo 060, Japan*)

Abstract : Changes with time in dry weight of each part and dry matter partitioning were investigated for three wheat varieties, tall Haruhikari, semi-dwarf Haruyutaka and tall late Selpek. The seasonal pattern of dry matter partitioning was quite similar among the varieties, and the growth was divided into five main phases based on the pattern of partitionings as reported in the previous paper. The dry matter partitionings to each part (Y) were simply presented by the regressions against the days after emergence (X) as follows (Fig. 3). In growth phase I (emergence to flag leaf initiation) and growth phase II (flag leaf initiation to flag leaf emergence), the partitioning to leaf blade was represented by a linear regression, $Y_{11}=b_1X+c_1$ and $Y_{12}=-b_2X+c_2$. In growth phase III (flag leaf emergence to anthesis), the partitioning to ear (chaff plus rachis) was represented by a quadratic equation, $Y_e=-a_3(X-b_3)^2+c_3$. In growth phase IV (anthesis to milk ripe stage), the partitioning to grain was represented by a linear regression, $Y_g=b_4X-c_4$.

The varietal differences in partitionings were explained by using these regressions (Table 2). In growth phase II, tall Selpek had a smaller coefficient b_2 than the other two varieties, because Selpek had a longer term in this phase. In the growth phase III, semi-dwarf Haruyutaka had the highest value of constant c_3 than others, but that of coefficient a_3 did not differ among the varieties, indicating that the rate of partitioning to ear was higher in Haruyutaka than in others.

Key words : Dry matter partitioning, Dry weight of each part, Growth phase, Regression, Semi-dwarf variety, Spring wheat, Tall variety.

前報⁵⁾において春播コムギの 2 品種の乾物分配動向を検討したところ、春播コムギの生長は葉身への分配の高い出芽期から止葉分化期まで（生育相 I）、葉身への分配が低下し稈への分配が高まる止葉分化期から止葉出葉期まで（生育相 II）、穂（幼穂）への分配がみられる止葉出葉期から開花期まで（生育

相 III）、子実への分配が高まる開花期から乳熟期まで（生育相 IV）およびすべての同化産物が子実へと分配される乳熟期から成熟期まで（生育相 V）の 5 つの生育相に分けられることが明らかとなった。そこで本研究では、これらの関係が品種、年次を越えて成立するかどうかを確認するとともに、各生育相における生長点から分化する各器官（葉、穂、子実）への乾物分配率の推移を、その様相から出芽後

* 大要は、第 184 回講演会（昭和 62 年 10 月）において発表。

日数に対する回帰式にあてはめ、回帰式の係数や定数の違いから品種特性を評価することを目的とした。

材料および方法

試験は1986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のハルヒカリと半矮性のハルユタカおよび西ドイツで育成された長稈、晩生の Selpek を用いた。

播種は5月6日に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本立てとした(400個体/m², 5 cm×5 cmの正方形植え)。肥料はN-9, P₂O₅-12, K₂O-9 kg/10 aの割合で全量基肥として与えた。また、殺虫剤、殺菌剤の適期散布を行い病虫害を防除した。区の配置は3反復乱塊法とし、1区の大きさは2 m×9.7 mで、各区内に収量用サブプロットと20のサンプリング用サブプロットを設けた。収量用サブプロットは1 m×1 m (400個体)、サンプリング用サブプロットは0.5 m×0.5 m (100個体)である。なお、ハルヒカリについては開花後各サブプロット間に針金を張り植物体を支え倒伏を防いだ。

調査は生育の進行に合わせ全生育期間中20回行い、サンプリング用サブプロットから正常に生育していると思われる50~100個体を掘り取り後水洗して主稈と分けつに分け、根を切除した後地上部を器官別(葉、稈+葉鞘、穂)に分解した。各器官の乾物重は80°Cで48時間通風乾燥後秤量した。子実重は代表的な主稈の穂5個体についてピンセットですべての子実を抜き取り後乾物重を秤量し、穂重に対する子実重の比率を計算し、これを個体の平均穂重に乗ずることで算出した。また、ここでは穂から子実を除いた稈および穂軸部分を称して穂とした。なお、根の乾物重は代表的な10個体をできるだけ根を切らないようにていねいに掘り出し、地上部乾物重に対する根の乾物重の比を計算し、これを全乾物重に乗じて算出した。

稈(葉鞘を含む)については、乾物重測定後粉碎

し、デタージェント法³⁾により細胞壁構成物質(セルロース、ヘミセルロース、リグニン、SiO₂、熱変性蛋白)を測定、これを稈の構造物質(culm-structure)と定義し、稈の乾物重から構造物質重を差し引いた値を細胞内容物質(cellular contents)重とした。

乾物分配率については、根を除く地上部全乾物重の増加速度を求め、各器官の乾物重の増加速度をこれで除して($\Delta P/\Delta W$, %)求めた。

なお、止葉分化期は、代表的な3個体の生長点の分化葉数の連日観察記録をもとに判定した。

結 果

1. 生育概要、形態的特徴および子実収量

第1表にハルヒカリ、ハルユタカ、Selpekにおける主要な生育期を示した。ハルヒカリとハルユタカについては止葉出葉期がハルヒカリで2日遅れたほかはいずれの生育期も両品種間で一致した。しかし、Selpekは止葉分化期が他の2品種より2日遅れ、止葉出葉期ではハルヒカリより8日遅れた。これに続いて出穂期、開花期、成熟期もそれぞれ10日前後遅れた。一方、生育はきわめて順調で、病虫害の発生もほとんど認められなかった。形態的形質および子実収量は品種間でかなり異なっており、ハルヒカリは稈長115 cm、主稈葉数8葉、子実収量404 kg/10 a、ハルユタカは稈長81 cm、主稈葉数7葉、子実収量548 kg/10 a および Selpek は稈長104 cm、主稈葉数9葉、子実収量497 kg/10 aであった。

2. 器官別乾物重および乾物分配率の推移

器官別乾物重ならびに乾物分配率の推移は、3品種とも同様の傾向を示したものの、その量的変化や経過時間に品種間差が認められた。

器官別乾物重の推移についてみると(第1図)、葉身は出芽後止葉出葉期まで増加を続け、以降減少した。稈の構造物質は止葉分化期から開花期直後まで増加し、以降一定に推移した。稈の細胞内容物質は止葉出葉期まで増加し、以後開花期まで穂(子実を除く)の直線的増加にともない増加が緩慢となっ

Table 1. Phenology of the used varieties.

Varieties	Emergence	Flag leaf initiation	Flag leaf emergence	Heading	Anthesis	Maturity
Haruhikari	16 May	28 May	21 June	28 June	6 July	12 Aug.
Haruyutaka	16 May	28 May	19 June	28 June	6 July	12 Aug.
Selpek	16 May	30 May	29 June	8 July	15 July	23 Aug.

たが、開花期を過ぎると再び急増し、乳熟期に最大に達し、以降成熟期にかけて減少した。穂は開花期後一定に推移し、以降成熟期までは子実が増加した。根の推移は葉身とほぼ同様で、止葉出葉期頃最大値に達し、以降大きく増減しなかった。

乾物分配率の動向についてみると(第2図)、葉身への分配率は止葉分化期頃を境に低下し、止葉出葉期にほぼ0となった。これに代わって穂への分配率が高まり、出穂期前に最高値に達した後開花期にかけて低下した。子実への分配率は開花期以降高まり、乳熟期には100%となった。

乾物重および分配率の推移の品種間差についてみると、葉身の乾物重は Selpek が大きく、葉身へ分配する期間が他の2品種より5日以上長かった。また穂の乾物重はハルユタカが大きく、穂への分配率

も他の品種(ハルヒカリ:33.2%, Selpek:39.5%)に比べ大きかった(42.2%)。稈の構造物質重はハルヒカリと Selpek がハルユタカに比べ大きかったが、乾物分配率をみるとハルヒカリが開花前後で稈への分配が高かったのに対し、Selpek は止葉の分化から出葉までの期間が長く、この間の稈への分配が大きかった。一方、細胞内容物質の最大値には品種間差がほとんどないものの(ハルヒカリ 0.50 g/個体, ハルユタカ 0.53 g/個体, Selpek 0.54 g/個体), この時点での稈全体の乾物重に対する細胞内容物質の割合がハルユタカで高く(ハルヒカリ 32.9%, ハルユタカ 40.1%, Selpek 30.5%), ハルユタカは稈への分配に対する細胞内容物質の占める割合が高かったことがうかがわれる。

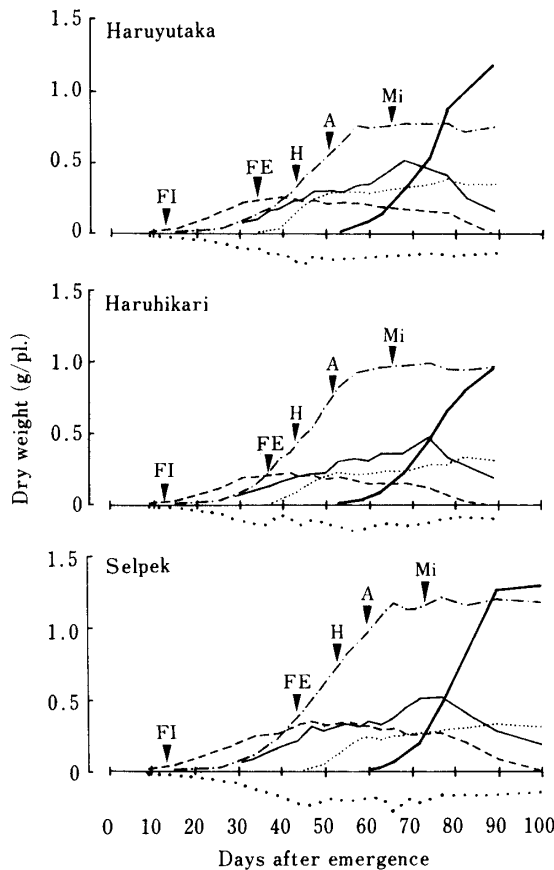


Fig. 1. Change with time in dry weight of each part of the main shoot and root for three varieties. Arrows indicate the developmental events; FI: flag leaf initiation, FE: flag leaf emergence, H: heading, A: anthesis, Mi: milk ripe stage. ---leaf blades; -·- culm structure; — culm cellular contents;ear; — grain;root.

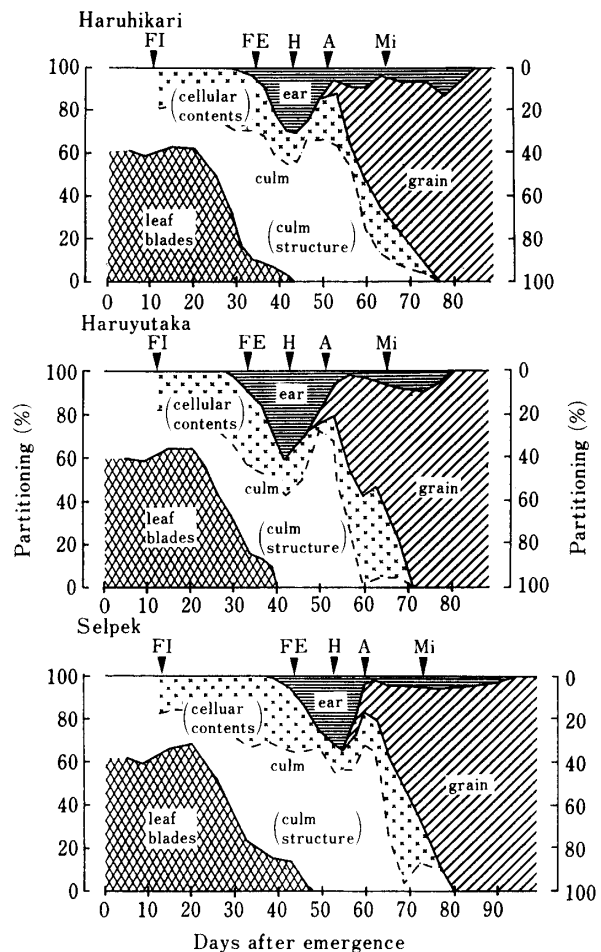
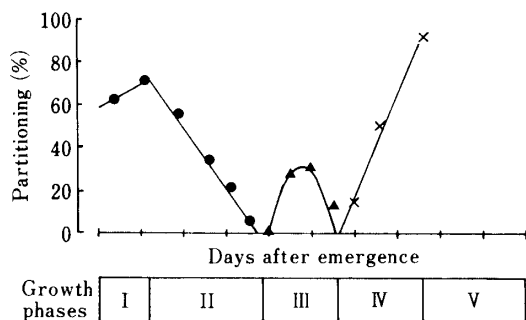


Fig. 2. Change with time in dry matter partitioning ($\Delta P/\Delta W$, %) of the main shoot for three varieties. Arrows indicate the developmental events; FI: flag leaf initiation, FE: flag leaf emergence, H: heading, A: anthesis, Mi: milk ripe stage.



Phase I (partitioning to leaf blades)

$$Y_{l1} = b_1X + c_1$$

Phase II (partitioning to leaf blades)

$$Y_{l2} = -b_2X + c_2$$

Phase III (partitioning to ear)

$$Y_e = -a_3(X - b_3)^2 + c_3$$

Phase IV (partitioning to grain)

$$Y_g = b_4X - c_4$$

Phase V (partitioning to grain)

$$Y_g = 100 \text{ (all)}$$

Fig. 3. Relationships between days after emergence (X) and dry matter partitioning to each organ (Y)

(● : leaf blades, ▲ : ear, × : grain).

3. 出芽後日数に対する葉身、穂、子実の乾物分配率の回帰

第2図に明らかなように、前報⁵⁾で指摘したと同様、春播コムギの生長は止葉分化期、止葉出葉期、開花期、乳熟期を転換点とする5つの生育相に分かれて行われることが供試3品種ともに認められた。また、葉身、穂および子実への乾物分配率は直線あるいは二次曲線を描いて規則的に推移している。そこで、葉身、穂、子実への乾物分配率 (Y) の推移を出芽後日数 (X) に対する一次回帰直線および二次回帰曲線にあてはめ (第3図)、回帰式の係数および定数の品種間差異を検討した (第2表)。

生育相 I (出芽期から止葉分化期まで) において葉身の分配率は直線的増加を示すため、右上がりの一次回帰直線 $Y_{l1} = b_1X + c_1$ をあてはめた。直線の傾きを示す係数 b_1 と出芽時の分配率の高さを示す定数 c_1 は止葉分化前の葉身への分配の高さを意味する。係数 b_1 はハルユタカ、Selpek が高く、ハルヒカリが低かった。定数 c_1 は3品種ともほぼ同程度であった。

生育相 II (止葉分化期から止葉出葉期まで) では葉身の分配率は直線的低下を示すため、右下がりの一次回帰直線 $Y_{l2} = -b_2X + c_2$ をあてはめた。直線の傾きを示す傾数 b_2 は葉身への分配の高さとともに期間を意味しており、係数 b_2 の値が高いことは止葉出葉期までの葉身への分配の低下が著しく、止

Table 2. Coefficients and constants of the regressions of dry matter partitioning for days after emergence in three varieties.

Varieties	Coefficients		Constant	n	r
Phase I	b ₁		c ₁		
Haruhikari	0.56		56.18	3	0.570
Haruyutaka	0.89		53.39	3	0.738
Selpek	0.92		54.08	3	0.660
Phase II	b ₂		c ₂		
Haruhikari	3.46		129.15	6	0.977**
Haruyutaka	3.10		123.26	6	0.960**
Selpek	2.46		112.16	7	0.947**
Phase III	a ₃	b ₃	c ₃		
Haruhikari	0.28	43.02	28.89	8	0.925**
Haruyutaka	0.27	42.42	34.75	8	0.866**
Selpek	0.30	52.01	30.10	8	0.817*
Phase IV	b ₄		c ₄		
Haruhikari	3.37		159.31	6	0.823*
Haruyutaka	3.54		162.14	6	0.856*
Selpek	4.23		239.89	6	0.992**

* : 5% ; ** : 1% level of significance.

葉の出葉が早まることを示している。係数 b_2 は Selpek が他の2品種に比べ小さく、止葉出葉期も他の2品種より遅かった。

生育相 III (止葉出葉期から開花期まで) において穂の分配率は出穂期前頃を頂点に増加および低下を示すため、上に凸の二次回帰曲線 $Y_e = -a_3(X - b_3)^2 + c_3$ をあてはめた。二次の係数 a_3 は曲線の膨らみを意味し、係数 a_3 の値が高いほど曲線は上に尖った形となり穂への分配の期間が短くなる。また、一次の係数 b_3 は曲線の頂点の位置を出芽後日数で示し、出穂期、開花期の早晩を意味している。定数 c_3 は曲線の頂点の高さを示し、定数 c_3 の値が高いほど最高時の穂への分配が高い。品種間差についてみると、二次の係数 a_3 には顕著な差が認められず、定数 c_3 はハルユタカが高かった。このことから、ハルユタカは幼穂の形成期間は他の品種と同じであったが、穂への分配が高かったことを示している。一方、一次の係数 b_3 は出穂、開花の遅かった Selpek が他の2品種より大きかった。

生育相 IV (開花期から乳熟期まで) において子実の分配率は直線的増加を示すため、右上がりの一次回帰直線 $Y_g = b_4X - c_4$ をあてはめた。直線の傾きを示す係数 b_4 は特に子実への分配の期間を意味し、係数 b_4 の値が高いことは、開花期以降の子実の生長が速いことや稈の構造物質や貯蔵養分を含めた稈への分配が小さいことを意味しているものと考えら

れる。係数 b_4 の値は、開花後著しく稈が伸長したハルヒカリおよび開花後著しく細胞内容物質が増加したハルユタカで小さかった。

考 察

前述したように、本試験においても前報³⁾と同様、器官別乾物重および乾物分配率の推移は各品種とも同様の傾向を示しており、春播コムギの生長は乾物生産面からみると、特徴的な5つの生育相に分かれることが確認された。各生育相における葉身、穂、子実への分配率の推移を出芽後日数に対する回帰式にあてはめる方法（第3図）は、乾物分配率の大きさや分配する期間の長さなどの品種特性を評価するのに有効であった。たとえば、生育相Ⅰにおいて、葉身への分配の増加速度を示す係数 b_1 の値がハルユタカ、Selpek で高かったことは、これらの品種が幼苗期における葉身生産量の高いことを示している。また、生育相Ⅱにおいて、葉身への分配の低下速度を示す係数 b_2 の値が Selpek で低かったことは、葉身への分配傾向が強く、葉身へ分配する期間が長かったことを示し、生育相Ⅱの期間が長くなることは、同時に、稈へ分配する期間が長くなることを意味するため、この期間での稈の生産量が高いことを示唆している。生育相Ⅲでは、稈重が小さく、穂重の大きいハルユタカで穂への分配が強いことが特徴的であるが、特に穂の分配率の曲線の膨らみを示す係数 a_3 の値に品種間差が認められず、曲線の頂点の高さを示す定数 c_3 の値がハルユタカで高かったことから、ハルユタカの穂への分配傾向の強さは主としてその期間の長さよりも分配の高さに起因していると考えられる。一方、生育相Ⅳでは、子実への分配の増加速度を示す係数 b_4 の値がハルヒカリ、ハルユタカで小さく、開花後の稈への分配が高かったことが示唆された。ハルヒカリでは開花後の稈の伸長が大きいことが、ハルユタカでは開花後の稈の細胞内容物質が著しく増加することが稈への分配が高まった原因であろうと推察された。

コムギについては、これまでに生育を通じ物質生産の動向から品種の特徴を検討した報告は少ない。Makunga ら²⁾、Rawson と Hofstra⁴⁾ および Thorne⁶⁾ は生育時期によって物質の分配が異なることを明らかにしているが、動向については不明な点が多い。特に開花前の生育についての研究は少なく、Kirby¹⁾ が開花前の生長点の分化形態をもとに

生育ステージの区分を行い、Wong と Baker⁷⁾ が5品種についてこれら生育ステージの出現時期に品種間差があることを見いだしたが、物質生産の動向についての報告はない。今後、品種特性を的確につかみその生理的機構を解明するためには、まず生育期間を通じての物質生産の動向を明らかにしなければならない。本研究では出芽期から成熟期までの全生育期間を通じ、同化産物の分配傾向を異にする5つの生育相に分けて品種の分配特性について検討した。従来明らかにされてきたように、半矮性品種は、長稈品種に比べ出穂期前後の穂への分配が高く、その結果、稈への分配が低くなり稈重が低く推移することが明らかとなった。一方、同じ長稈品種の中でも主として開花期前後の稈の伸長が大きいハルヒカリと出穂前の稈重の増加が大きい Selpek とでは分配動向が異なることが明らかにされた。

今後、各生育相における乾物分配率の回帰を用いてさらにさまざまなタイプの品種の特性を明らかにしていくことが期待される。

引用文献

1. Kirby, E.J.M. 1984. Significant stages of ear development in winter wheat. In *Wheat Growth and Modelling* (Eds.) W. Day and R.K. Atkin, Plenum Press, New York and London. 7-24.
2. Makunga, O.H.D., I. Pearman, S.M. Thomas and G.N. Thorne 1978. Distribution of photosynthate produced before and after anthesis in tall and semi-dwarf winter wheat, as affected by nitrogen fertilizer. *Ann. Appl. Biol.* 88: 429-437.
3. 森本 宏 1971. 栄養実験のための理化学的分析方法. 動物栄養試験法. 養賢堂, 東京, 350-351.
4. Rawson, H.M. and G. Hofstra 1969. Translocation and remobilization of ^{14}C assimilated at different stages by each leaf of the wheat plant. *Aust. J. Biol. Sci.* 22: 321-331.
5. 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.
6. Thorne, G.N. 1982. Distribution between parts of the main shoot and the tillers of photosynthate produced before and after anthesis in the top three leaves of main shoots of Hobbit and Maris Huntsman winter wheat. *Ann. Appl. Biol.* 101: 553-559.
7. 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.