

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*

高 橋 肇・中世古公男・後 藤 寛 治

(北海道大学農学部)

昭和 63 年 1 月 30 日受理

要 旨：春播コムギの長稈品種ハルヒカリと半矮性系統 2-47 の主稈における器官別乾物重と分配率の推移を圃場条件下（栽植密度 400 個体/m²）で調査し，検討した（第 1 図，第 2 図）。器官別乾物重と分配率の推移の様相は品種・系統間できわめて類似しており，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中心に次の 5 つの生育相に分かれることが明らかとなった（第 3 図）。生育相 I（出芽から止葉分化期）：同化産物はもっぱら葉身の生長にふり向けられる。生育相 II（止葉分化期から止葉出葉期）：葉鞘と稈の伸長にともない稈への分配が高まり，葉身への分配が低下し，葉身の造成が完了する。生育相 III（止葉出葉期から開花期）：同化産物は稈と穂に分配され，シンクとしての穂の容量はほぼこの時期に決定される。生育相 IV（開花期から乳熟期）：胚乳細胞の分裂と肥大にともなって子実への分配が始まり，稈への分配が急速に低下する。生育相 V（乳熟期から成熟期）：貯蔵養分を含めた同化産物がすべて子実へふり向けられる。以上 5 つの生育相から品種・系統間差を検討すると，半矮性の 2-47 は長稈のハルヒカリに比べ，生育相 II での稈への分配が低く（ハルヒカリ：74%，2-47：69%），生育相 III での穂への分配（ハルヒカリ：24%，2-47：29%）および生育相 IV での子実への分配（ハルヒカリ：44%，2-47：56%）が高かった。また 2-47 は乳熟期から成熟期にかけての稈の細胞内容物質重の減少量が大きかった（ハルヒカリ：0.34 g/個体，2-47：0.41 g/個体）。

キーワード：乾物分配率，器官別乾物重，生育相，長稈，春播コムギ，半矮性。

Dry Matter Partitionings of Tall Haruhikari and Semi-dwarf 2-47 in Spring Wheat: Tadashi TAKAHASHI, Kimio NAKASEKO and Kanji GOTOH (*Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo 060, Japan*)

Abstract : Dry matter accumulation of each part on a main shoot and its partitionings (Δ parts/ Δ shoot, %) were measured at 3 to 7 days intervals during the growing season using the field grown (400 pls./m²) spring wheats, tall Haruhikari and semi-dwarf 2-47. The seasonal pattern of dry matter partitioning of Haruhikari and 2-47 was almost identical (Fig. 2). Based on the pattern, the growth was divided into the following five main phases (Fig. 3). Growth phase I (emergence — flag leaf initiation); dry matter is mainly partitioned to the leaf blade (60—80%). Growth phase II (initiation — emergence of flag leaf); after the start of elongation of the leaf sheath and the culm, the partitioning to the leaf blade decreases and almost ceases during this phase. Growth phase III (flag leaf emergence — anthesis); dry matter is partitioned to the culm and the ear (without grain). The partitioning to the ear almost ceases in this phase. The partitioning to the cellular contents in the culm decreases temporarily at about the time of heading. Growth phase IV (anthesis — milk ripe stage); the partitioning to the grain starts to increase about a week after anthesis. The partitioning to the culm decreases rapidly but that to the cellular contents still continues. Growth phase V (milk ripe stage — maturity); all of the dry matter including reserve material is partitioned to the grain.

In 2-47 the partitioning to the culm during the growth phase II was lower, and to the ear during the growth phase III and to the grain during the growth phase IV were higher than those in Haruhikari.

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

コムギの生育はこれまで主として外部形態を中心に分類されてきた^{2,5,13)}が，近年，Kirby⁴⁾や Baker と Gallagher¹⁾は生長点の分化形態を主体に分類を試みている。一方，量的生長の面からみると，Waldren と Flowerday¹²⁾が生育各期間の乾物重および体内成分の変化を調査し，その動向を報告して

いるものの，物質生産面での特性については不明な点が多いのが現状である。

そこで本研究では，稈長の異なる春播コムギの品種・系統を用い，生育全般を通じ形態的諸形質や器官別乾物重を測定し，主稈における同化産物の分配動向からコムギの生育特性を明らかにすることを目的とした。

* 大要は，第 182 回講演会（昭和 61 年 10 月）において発表。

材料と方法

試験は1985年に北海道大学農学部附属農場で行った。供試材料は、形態的特性や収量性の大きく異なる長稈品種ハルヒカリおよび半矮性系統2-47（ハルミノリ×Jupateco 73S）を用いた。

播種は、5 cm 間隔に1粒ずつ種子を梱包したシートテープを2本ずつ5 cm 間隔で播種床に埋め込むことによって4月19日に行い、出芽後3葉期に間引きして1本立とした（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。5月下旬から6月中旬にかけて乾燥状態が続いたため、5月28日に20 mm、6月6日に10 mm、6月18日に20 mm、計50 mmを灌水した。また、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3反復乱塊法とし、1区の大きさが2 m×7.7 m、各区内に収量用サブプロットと15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止した。

調査は、生育の進行に合わせ、3～7日に1回の割合で全生育期間中14～15回行った。調査方法は、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、水洗後、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、80℃で48時間通風乾燥後乾物重を秤量した。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もの（稈+穂軸）を穂とした。

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⁹⁾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、稈乾物重から細胞壁構成物質重を差し引いた値を細胞内容物質（cellular contents）重とした。また、生育期間中、植物体の各部位の長さ、幅および葉身角度を測定し、パーソナルコンピューター（NEC製、PC-9801E）を用い、プロッタ（WATANABE製、MP 1000）によって

草型のモデル図を作成した。

なお、本試験で用いた各器官への乾物分配率（%）は、調査期間中における各器官の乾物増加量を地上部乾物増加量で除して求めた。

結 果

1. 生育概要、形態の特徴および子実収量

第1表にハルヒカリ、2-47における主要生育事象、形態的形質および子実収量を示した。生育事象は、2-47の幼穂分化期（2重隆起期）が6日遅れたことを除いて両品種・系統ともほぼ同様で、生育はきわめて順調であった。しかし、形態的形質や子実収量は品種・系統でかなり異なっており、長稈品種ハルヒカリは、稈長102 cm、主稈葉数8葉、穂数569本/m²、子実収量456 g/m²であったのに対し、半矮性系統2-47は稈長は73 cmでハルヒカリより短かったが、主稈葉数は1枚多く、穂数が少ない（516本/m²）割に子実収量が多かった（516 g/m²）。

2. 部位別乾物重の推移

第1図は両品種・系統の主稈における葉身、稈の構造物質、稈の細胞内容物質、穂および子実の乾物重の推移を示したものである。ハルヒカリについてみると、葉身乾物重は、出芽から出芽後35日目頃まで葉数の増加に伴い直線的に増加し、止葉出葉期に最大に達した後、葉の枯れ上がりとともに漸次減少した。稈の構造物質の乾物重は、出芽後25日目頃から増加し始め、60日目過ぎ（開花後約5日目）稈の伸長停止とともに増加を終えた。一方、稈の細胞内容物質の重さは、稈の構造物質におけると

Table 1. Phenology and characters of the used varieties.

main development events, morphology and yield	Haruhikari	2-47
emergence	2 May	2 May
flag leaf initiation	12 May	12 May
double ridge	18 May	24 May
heading	22 June	22 June
anthesis	29 June	30 June
culm elongation ceases	1 July	1 July
maturity	1 Aug.	4 Aug.
culm length (cm)	102	73
leaf number of main shoot	8	9
ear number (/m ²)	569	516
grain yield (g/m ²)	456	516

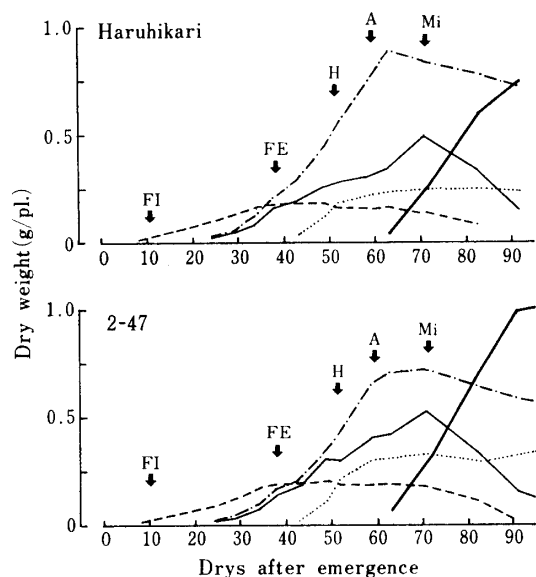


Fig. 1. Change with time in dry weight of each part of a main shoot for two varieties. Arrows indicate the developmental events; FI: flag leaf initiation, FE: flag leaf emergence, H: heading, A: anthesis, Mi: milk ripe stage. ----- leaf blade; - · - · - culm structure; ——— culm cellular contents; —————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

同様、出芽後25日目頃から増加し始めるが、穂(子実を除く)の生長が旺盛となり始める出芽後約50日目から開花期(出芽後約60日目)にかけて増加がやや緩慢となり、稈の伸長停止後急増して乳熟期(出芽後70日目)に最大に達し、以後急減した。

穂の乾物重は、幼穂分化(2重隆起期、出芽後約16日目)後およそ3週間ほとんど増加しなかったが、止葉が展開し始めた出芽後40日目から急速に増加を示し、出穂期から開花期にかけて最大値となり、以後ほぼ一定に推移した。子実の乾物重は、開花直後から成熟期にかけてほぼ直線的に増加するが、成熟期直前にやや緩慢となる傾向が認められた。

半矮性系統2-47における器官別乾物重の推移の様相は、図に明らかなように、基本的にはハルヒカリとまったく同様であった。しかし、量的には品種・系統間差が認められ、稈の構造物質を除く葉身、稈の細胞内容物質、穂および子実の乾物重の最大値は、ハルヒカリに比べ大きかった。これらの量的な差は、主として両品種・系統の稈長の差を反映しているものと推察された。

3. 生育にともなう草型の変化と乾物分配率の推移

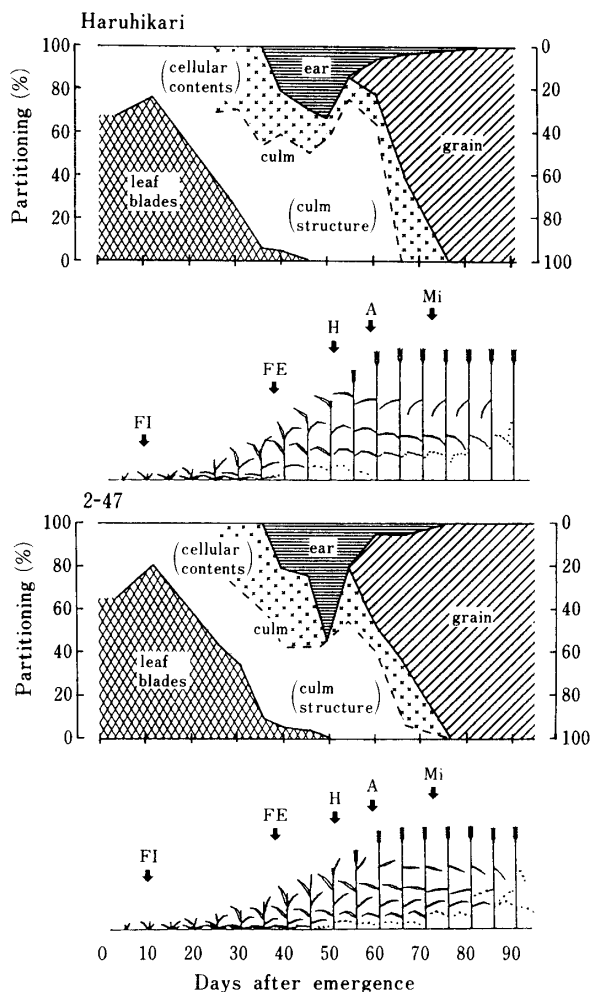


Fig. 2. Change with time in dry matter partitioning (Δ parts/ Δ shoot, %) and plant figure of a main shoot for two varieties. Arrows indicate the developmental events; FI: flag leaf initiation, FE: flag leaf emergence, H: heading, A: anthesis, Mi: milk ripe stage. Dotted line of plant figure is expressed for yellowed leaf.

第2図は、第1図における主稈の乾物重の変化をもとにして算出した各器官への乾物分配率の推移と草型の変化を示したものである。図に明らかなように、草型は長稈、半矮性の両品種・系統間で異なっていたが、各器官への分配率の動向は両者とも類似していることがわかる。

そこで、各器官への分配動向の特徴についてみると、出芽時、葉身への分配率は60~70%、葉鞘(この時期では稈の伸長は認められない)への分配率が30~40%であったが、葉身への分配率は止葉分化期に相当する出芽後約10日目にかけて上昇し、およそ80%に達した。しかし、その後葉身への分

配率は減少に転じ，代わって稈と葉鞘への分配率が増加し始め，出芽後約 40 日目の止葉出葉期には葉身への分配率は 10% 以下，稈（葉鞘を含む）への分配率が 90% 以上となり，稈の伸長とともに同化産物は主として稈の生長にふり向けられていることがわかる。一方，止葉出葉期頃から，穂の生長が始まると，穂への分配率が急激に高まり，その値は出穂期頃にほぼ最大となり，開花期にかけて急減し，乳熟期まで分配が認められるものの開花期以降における割合はきわめて小さい。子実への分配率は開花数日前から認められる（子房の生成による）。しかし，その分配は開花数日後から急激に増大し，乳熟期頃にはほぼ 100% に達した。

以上のように，各器官への分配の動向は基本的には両品種・系統ともきわめて類似していたが，出穂期前後における穂への分配率は 2-47 で大きいこと，出穂期以降における稈への分配率は 2-47 で小さいことおよび，稈の細胞内容物質への分配率は出穂前後に両品種・系統とも一時的に低下することなどの特徴が認められた。

考 察

前述したように，両品種・系統の器官別乾物重ならびに分配率には，主として稈長の違いによると考えられる差異が認められたが，その推移の様相はいずれもきわめて類似しており，生育にともなう葉，稈（葉鞘を含む），穂（稈と穂軸），子実の量的生長も基本的には生長点の一連の分化を転換点として進行していることがうかがえる。

そこで，両品種・系統の分配の動向を詳細に検討してみると，各器官への乾物分配は，第 3 図に模式的に示したように，ほぼ止葉分化期，止葉出葉期，開花期および乳熟期を中心に転換しており，春播コムギの生長は，乾物生産面からみると，次の 5 つの特徴的な生育相に分かれることが明らかとなった。

生育相 I：出芽から止葉分化期に至る期間で，同化産物はもっぱら葉身の生長にふり向けられ，葉身への分配は出芽時の約 60% から上昇し，止葉分化期には約 80% に達する。

生育相 II：止葉分化期から止葉出葉期に相当し，葉鞘とその後の稈の伸長にともないこれら器官への分配が増加し始める。これと同時に葉身への分配は減少に転じ，ほぼ直線的に減少して止葉出葉期には 10% 以下となり，葉身の造成はほぼこの時期に完了する。

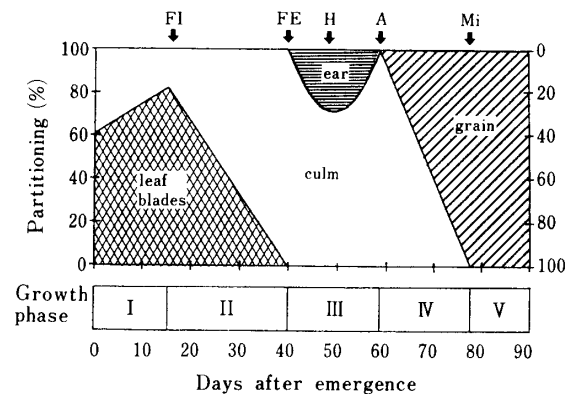


Fig. 3. The pattern of dry matter partitioning, and growth phases. Arrows indicate the developmental events; FI: flag leaf initiation, FE: flag leaf emergence, H: heading, A: anthesis, Mi: milk ripe stage.

生育相 III：止葉出葉期から開花期に至る期間で，同化産物は稈と穂に分配される。穂への分配は，幼穂の急伸長にともない急激に増加し，出穂期前頃を最大に以後開花期にかけて急減し（約 5%），開花期以後の分配はきわめて少ない（第 2 図）。このことから，シンクとしての穂の容量は，ほぼこの時期で決定されるものと考えられる。また，稈への分配のうち，細胞内容物質への分配は出穂期頃に一時的に低下しており，この時期では同化産物は優先して穂へ分配されるものと推察された。

生育相 IV：開花期から乳熟期に至る期間で，胚乳細胞の分裂と肥大にともなって子実への分配が始まり，稈への分配が急速に低下する。星川³⁾は開花後 6～7 日目頃から胚乳細胞にデンプンの蓄積がみられることを観察しているが，本実験でも子実への分配は開花後約 1 週間目から急激に上昇し始めた。稈への分配のうち，構造物質への分配は稈伸長停止期にほぼ 0 となるが，細胞内容物質への分配は乳熟期頃まで継続する。

生育相 V：乳熟期から成熟期に至る期間で，同化産物はすべて子実へふり向けられる。一般に，稈の貯蔵養分は開花期から乳熟期まで増加し，以後成熟期にかけて減少することが報告されている^{6,7,9,10,11)}。本実験においても第 1 図に明らかなように，稈の細胞内容物質重は乳熟期に最大となり，成熟期にかけて減少していることから，稈に蓄積された貯蔵養分がこの期間に子実へと転流しているものと考えられる。

以上の 5 つの生育相から，長稈品種と半矮性系統

の乾物分配特性について検討してみると、生育相 I においては分配率に顕著な品種・系統間差が認められなかったが、稈の伸長が始まる生育相 II においては、長稈品種ハルヒカリの稈への分配が高かった (ハルヒカリ：75%，2-47：69%)。生育相 III では、半矮性で穂重の大きい 2-47 で穂への分配 (ハルヒカリ：24%，2-47：29%) と稈の細胞内容物質への分配 (ハルヒカリ：16%，2-47：25%) が高かった。また、生育相 IV ではシンクとなる穂重の大きかった 2-47 の子実への分配が高かった (ハルヒカリ：44%，2-47：56%)。一方、2-47 はハルヒカリに比べ、生育相 IV での細胞内容物質への分配が低かったものの (ハルヒカリ：34%，2-47：25%)、第 1 図に明らかなように開花期までの細胞内容物質の蓄積量が高く、乳熟期における蓄積量も高かった (ハルヒカリ：0.34 g/個体，2-47：0.41 g/個体)。

以上のように、分配特性からみると、両品種・系統の生育は、主要生育事象を転換点として、かなり規則的に進行しており、品種・系統間差異は主として各生育相における分配率の大きさを反映していることが明らかとなった。今後、多くの品種について分配特性の差異を明らかにするとともに、環境要因との相互関係について検討したい。

引用文献

1. Baker, C.K. and J.N. Gallagher 1983. The development of winter wheat in the field. 1. Relation between apical development and morphology within and between seasons. *J. Agr. Sci.* 101: 327—335.
2. Haun, J.R. 1973. Visual quantification of wheat development. *Agron. J.* 65: 116—119.
3. 星川清親 1961. 小麦の稔実に関する研究 第 2 報 胚乳組織形成の解剖学的観察 第 3 報 澱粉粒および貯蔵蛋白質の発達について. *日作紀* 29: 415—420.
4. Kirby, E.J.M. 1984. Significant stage 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.
5. Large, E.C. 1954. Growth stages in cereals, illustration of the Feekes scale. *Plant Pathol.* 3: 128—129.
6. Lopatecki, L.E., E.L. Longair and R. Kasting 1962. Quantitative changes of soluble carbohydrates in stem of solid- and hollow- stemmed wheats during growth. *Can. J. Bot.* 40: 1223—1228.
7. 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.
8. 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.
9. Rawson, H.M. and L.T. Evans 1971. The contribution of stem reserves to grain development in a range of wheat cultivars of different height. *Aust. J. Agr. Res.* 22: 851—863.
10. 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—76.
11. Thome, U. and W. Kühbauch 1985. Change in the carbohydrate pattern in the cell content of wheat stems during grain-filling. *Z. Acker- und Pflanzenbau* 155: 253—260.
12. Waldren, R.P. and A.D. Flowerday 1979. Growth stages and distribution of dry matter, N, P, and K in winter wheat. *Agron. J.* 71: 391—397.
13. Zadoks, J.C., T.T. Chang and C.F. Konzak 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Res.* 14: 415—421.