HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	春播ムギ類の生産生態に関する比較作物学的研究 : 第１報　乾物生産ならびに乾物分配特性の差異について
Author(s)	丹野, 久; 中世古, 公男; 後藤, 寛治
Citation	北海道大学農学部邦文紀要, 13(2), 138-145
Issue Date	1982-03-30
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/11971
Type	departmental bulletin paper
File Information	13(2)_p138-145.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

春播ムギ類の生産生態に関する比較作物学的研究

第1報　乾物生産ならびに乾物分配特性の差異について

丹野　久・中世古公男・後藤寛治
(北海道大学農学部食用作物学教室)

(昭和56年10月31日受理)

Comparative Studies on Productivity in Spring Cereals

1. Differences in dry matter accumulation pattern and its distribution

Hisashi TANNO, Kimio NAKASEKO and Kanji GOTOH
(Laboratory of Field Crops, Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo, Japan)

緒　　言

ムギ類に属するオオムギ，コムギ，エンバクは，光合成系を構成している茎葉の外部形態が比較的類似した作物であるが，その収量性には大きな差異が存在することが指摘されている[5,7,8]。ムギ類では，葉身以外に葉鞘や稈，芒が光合成器官として大きな役割を演じていることが報告されているが[3,10]，収量性の差異が乾物生産面からみてどのような特性の差異によるものなのかについては知見が乏しく，この点を解明することはムギ類の品種や栽培技術を改善する上できわめて重要であると考えられる。

本研究は上記の観点から，春播ムギ類の乾物生産特性および収量性の差異を生育解析的手法により明らかにし，乾物生産面からみた収量阻害要因を解明しようと試みたものである。

本報では，研究の第1段階として，乾物生産面における基本特性を把握するため，乾物重や葉面積の時期的推移，ならびに乾物分配特性を調査し，その作物間差異について比較，検討した。

材料および方法

試験は，1979年北海道大学農学部付属農場で行った。オオムギは北育13号，ほしまさり，北育15号，コムギでは北見春38号，ハルヒカリ，北見春26号，エンバクではモイワ，北海19号，オホーツクの各3品種を供試し，いずれも4月27日に播種した。また，栽植様式は各作物とも10cm×10cmの正方形植（100個体/m^2）で，播種時2粒播，発芽後2週間目に1本立てとした。施肥量は10アール当りN 6kg，P_2O_5 7kg，K_2O 5kgの割合で全量基肥として施用した。1区面積は4 m^2で，2反復とした。

各試験区より，生育初期（発芽後20日），栄養生長中期（生育初期と出穂期のほぼ中期），出穂期，伸長停止期（稈の伸長がほぼ停止した時期），登熟中期（伸長停止期からほぼ2週間後），および成熟期の計6回掘取調査を行い，器官別乾物重および葉面積（葉身のみ）を測定した。調査は，各区より掘り取った平均的な10個体（2反復で20個体）について行い，葉身，稈（葉鞘を含む），穂，無効分げつ，根，枯死部に分け，80°Cで48時間熱風乾燥後，乾物重を測定した。根は，生育領域（10cm×10cm）の広さを深さ10cmまで掘り起こし，水洗後，乾物重を測定した。また，各区より代表的な1～2個体の全葉面積（自動面積測定装置による）と葉身乾物重を測定し，比葉面積を算出した。なお，各作物，品種の葉面積指数は，比葉面積と m^2 当り葉身乾物重との積による値を用いた。

結　　果

1. 生育期間および収量構成要素の差異

Table 1 は出穂期，成熟期，稈長および収量構成要素

Table 1. Some agronomic characters and yield components of varieties examined.

Crop Variety	Heading date	Maturing date	Culm length (cm)	No. of ears (/m²)	No. of grains per ear	No. of grains (×10³/m²)	1000 grain weight (g)
Barley							
Hokuiku 13	June 20	July 30	67	443	20.6	9.1	47.4
Hoshimasari	June 28	Aug. 4	80	492	23.6	11.6	45.1
Hokuiku 15	July 2	Aug. 4	77	468	22.8	10.7	43.4
mean	June 27	Aug. 2	75	468	22.3	10.5	45.3
Significance (V)			*	—	**	*	—
Wheat							
Kitamiharu 38	June 27	Aug. 12	66	378	31.7	12.0	35.5
Haruhikari	June 28	Aug. 12	89	400	29.9	12.0	37.3
Kitamiharu 26	June 29	Aug. 12	73	352	30.5	10.7	36.6
mean	June 28	Aug. 12	76	377	30.7	11.6	36.5
Significance (V)			**	*	—	**	—
Oats							
Moiwa	July 4	Aug. 20	96	277	75.7	20.9	31.7
Hokkai 19	July 4	Aug. 24	88	268	68.0	18.2	31.9
Ohōtsuku	July 11	Aug. 27	107	233	85.6	20.0	33.1
mean	July 6	Aug. 24	97	259	76.4	19.7	32.2
Significance (V)			—	—	—	—	—
Significance (C)			*	**	**	**	**

Note. V: variety; C: crop;
* and ** indicate significance at the 5 and 1% levels, respectively.

を示したものである。出穂期は，オオムギとコムギの間に差がなく，エンバクはこれより約10日遅かった。成熟期はオオムギが最も早く，コムギ，エンバクの順で，作物間にほぼ10日の差異が認められた。したがって，登熟期間（出穂期から成熟期まで）はオオムギがコムギ，エンバクに比べ約10日短かかった。稈長は，各作物とも品種間差異が大きかったが，一般にエンバクはオオムギ，コムギに比べ長稈であった。収量構成要素についてみると，オオムギは m² 当り穂数が多く千粒重が大きいが，一穂粒数が少ない。これに対して，エンバクは m² 当り穂数が少なく千粒重も小さいが，一穂粒数が著しく多く，オオムギとまったく対照的な特性を示した。またコムギは各要素ともオオムギとエンバクの中間的な値を示した。

以上のように，生育特性や収量構成要素には明確な作物間差異が認められ，一般にオオムギは早生，短稈で m² 当り穂数が多く千粒重が大きい特性を示すのに対し，エンバクは晩生，長稈で一穂粒数が多く，コムギはオオムギとエンバクのほぼ中間的な特性を示すといえる。

2. 乾物重および葉面積の推移

乾物生産過程の差異を検討するため，Fig. 1 に全乾物重（全重）の推移を示した。オオムギは生育初期から旺盛な生長を示し，出芽後20日目には全重はコムギ，エンバクの約2倍に達し（品種平均，オオムギ 0.40 g/m²，コムギ 0.18 g/m²，エンバク 0.19 g/m²），その後出穂期にいたるまでの増加速度も大きかった。しかし，出穂期の全重は，出穂期が遅く栄養生長期間の最も長いエンバクが最大で，オオムギ，コムギの順となった（オオムギ 605 g/m²，コムギ 463 g/m²，エンバク 688 g/m²）。出穂期以降，全重の推移は作物間で一定の傾向が認められず，登熟期間中の乾物生産量はオオムギがコムギ，エンバクに比べ小さかった（オオムギ 416 g/m²，コムギ 788 g/m²，エンバク 764 g/m²）。

葉面積指数（LAI）の推移を Fig. 2 についてみると，

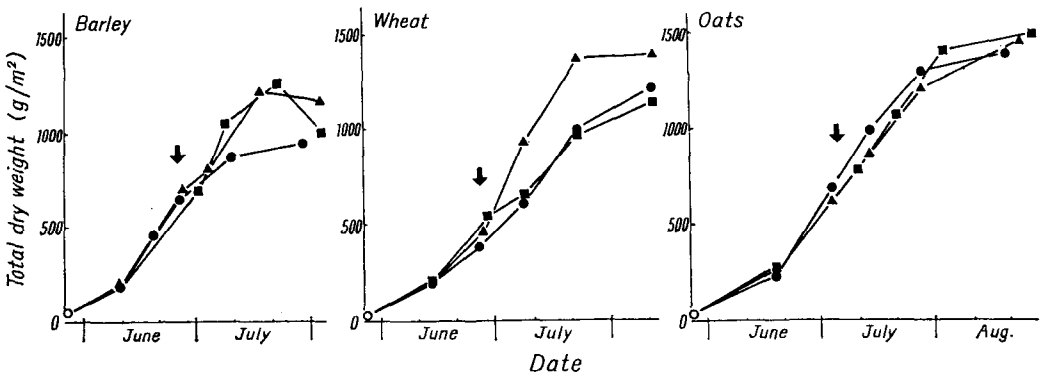

Fig. 1. Changes with time in total dry weight.

Note. Barley ●: Hokuiku 13; ▲: Hoshimasari; ■: Hokuiku 15;
Wheat ●: Kitamiharu 38; ▲: Haruhikari; ■: Kitamiharu 26;
Oats ●: Moiwa; ▲: Hokkai 19; ■: Ohōtsuku;
↓: heading stage.

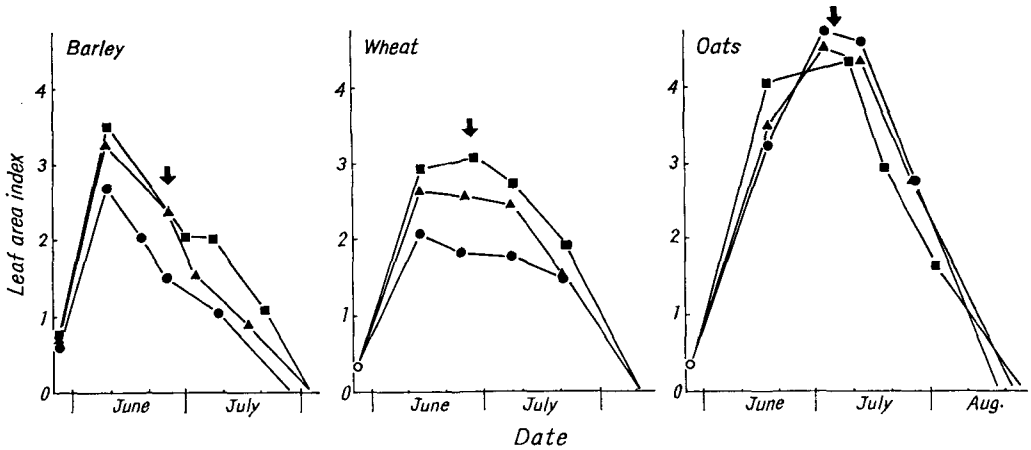

Fig. 2. Changes with time in leaf area index.

Note. Symbols are the same as those shown in Fig. 1.

各作物とも一頂曲線型のパターンを示したが，生育初期の LAI は全重と同様，オオムギが大きく，出芽後20日目の LAI と全重との間には，作物，品種を込みにして $r=0.989^{***}$ の相関が認められた。LAI はオムオギでは，栄養生長中期（6月中旬）に最大に達するが，コムギ，エンバクの LAI 最大期は出穂期前後にあらわれ，最大 LAI の値は，オオムギ3.2，コムギ2.6，エンバク4.5であった。

生育期間中に生産された乾物量は，主として葉面積の大きさとその持続期間（葉積：LAD）によって支配されるものと考えられるが，Fig. 3 に明らかなように，栄養生長期間の生産量は LAD と $r=0.931^{***}$ の正の相関を示し，出穂期における乾物生産量の差異は LAD の差に起因していることがわかる。しかし，登熟期間では LAD と乾物増加量との間には正の相関（$r=0.610$）が認められるものの有意ではなく，乾物生産量の差異には，稈，葉鞘，芒などにおける光合成活性の差が大きく関与しているものと推察された。

3. 乾物分配特性の差異

Fig. 4 は，稈と穂の乾物重の推移を示したものである。稈の乾物重は，各作物とも出穂期前後から急激に増加し始め，その増加はオオオムギでは稈の伸長停止期に停止するが，コムギは登熟中期まで増加を継続した。一方，エンバクは，品種間で推移のパターンが異なり，モ

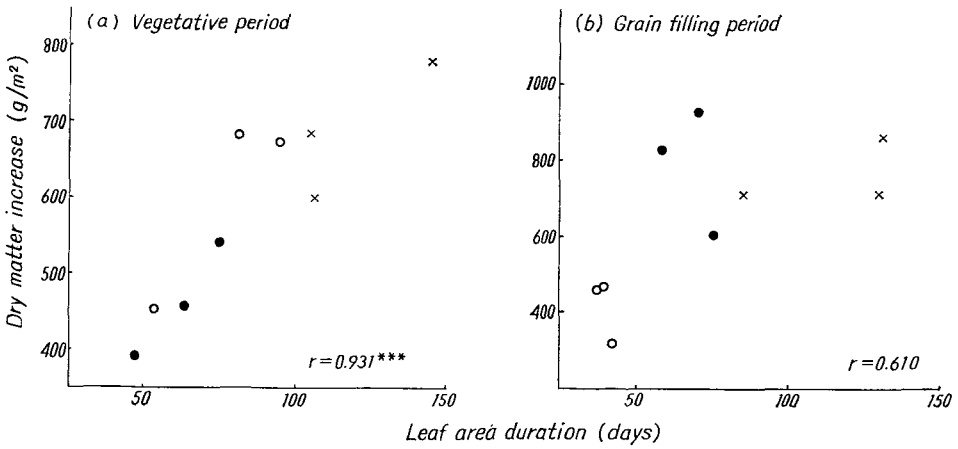

Fig. 3. Relationship between dry matter increase and leaf area duration.

Note. ●: barley; ○: wheat; ×: oats; *** indicates significance at the 0.1% level.

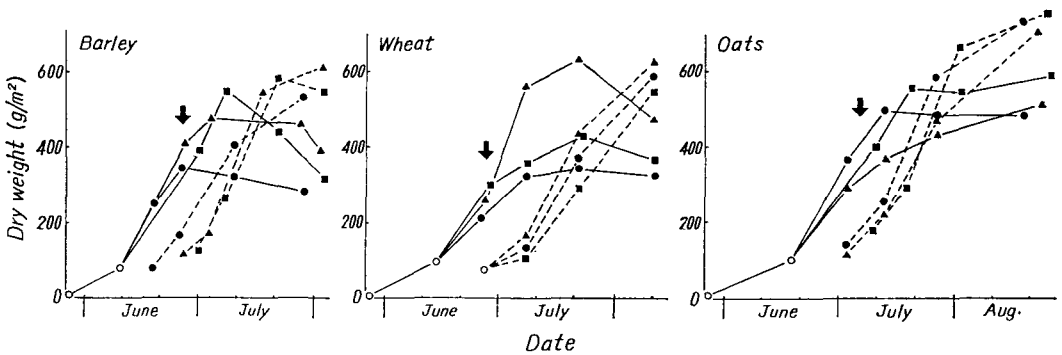

Fig. 4. Changes with time in ear and culm dry weight.

Note. ——: culm dry weight; – – –: ear dry weight; Symbols are the same as those shown in Fig. 1.

イワ，オホーツクは伸長停止期まで増加し，以後ほぼ一定の値で推移したのに対し，北海19号は成熟期まで増加し続けた。

穂の乾物重は，各作物ともシグモイド型の増加パターンを示すが，コムギはオオムギ，エンバクに比べ，出穂期から登熟中期までの増加速度が小さく，登熟中期以後は逆に大きい傾向が認められた。

このように，登熟期間中の稈や穂における乾物の推移のパターンは，作物，品種により異なるので，さらにその特徴を明らかにするため，Table 2 に登熟期の各器官への乾物分配率を示した。稈への分配率は，オオムギが最も小さく負の値を示し，エンバクはコムギよりやや大きい傾向が認められた。穂への分配率は，オオムギがきわめて大きく，100% を上まわる値を示した。稈および穂への分配率の間には，作物，品種を込みにして $r=-0.915^{***}$ の負の相関が認められ，両者の間に逆相関関係が存在した。無効分げつは作物間で有意ではないが，コムギはオオムギ，エンバクに比べ大きな値を示した。その他，枯死部や根などにも有意な作物間差異が認められるが，一般にオオムギはコムギ，エンバクに比べ，穂への分配率が大きく，稈への分配率が小さいのが特徴といえよう。

4. 子実収量ならびに収穫指数とそれに関連する諸形質

Table 3 に示したように，子実収量には有意な作物間差異が認められ，エンバクが最も大きく，オオムギ，コムギの順であった。子実収量は，乾物生産量 (Biological yield) と収穫指数 (Harvest index: HI) の積として表

Table 2. Distribution ratio of dry matter to each part during grain filling period (from heading to maturing).

Crop Variety	Leaf (%)	Culm (%)	Ear (%)	N.P.T. (%)	Root (%)	Dead parts (%)
Barley						
Hokuiku 13	−15.6	6.4	96.8	10.7	−1.4	3.2
Hoshimasari	−16.3	−5.7	108.3	17.1	−2.2	−1.3
Hokuiku 15	−19.0	−26.8	137.9	18.0	−6.0	−4.3
mean	−17.0	−8.7	114.3	15.3	−3.2	−0.8
Significance (V)	—	—	—	—	—	—
Wheat						
Kitamiharu 38	− 8.5	13.3	61.7	29.2	0.1	4.2
Haruhikari	− 8.9	23.1	58.5	22.2	0.3	4.8
Ktamiharu 26	−19.0	11.2	78.0	23.6	−1.5	7.8
mean	−12.1	15.9	66.1	25.0	−0.4	5.6
Significance (V)	**	*	*	—	—	*
Oats						
Moiwa	−19.6	16.0	83.3	10.5	−0.7	10.6
Hokkai 19	−16.6	25.9	67.9	12.9	−0.7	10.7
Ohōtsuku	−17.4	25.9	79.4	2.2	−1.1	11.2
mean	−17.9	22.6	76.9	8.5	−0.8	10.8
Significance (V)	—	—	—	—	—	—
Significance (C)	*	**	*	—	*	**

Note. N.P.T.: non-productive tiller; V: variety; C: crop;
* and ** indicate significance at the 5 and 1% levels, respectively.

わされる[2]ことから，作物間差異を両者に分けて検討してみると，全重はエンバクが大きく，HI はコムギが低い点が指摘される。

HI は，さらに全重に占める穂乾物重（穂重）の割合（E/T_1）と穂重に占める子実重の割合（G/E）の2つの要因に分けて考えられるが，無効分げつは子実生産に貢献しないことから，無効分げつの乾物重を除いた場合における穂重/全重割合を E/T_2 として算出した。表に明らかなように，E/T_1 はコムギが最も低いが，E/T_2 はむしろエンバクが低い。また，コムギでは E/T_1 と E/T_2 との間に約10% の差が認められることから，無効分げつが HI を低下させる強い要因となっていることがわかる。一方，G/E は，オオムギとエンバクはほとんど差がないが，コムギは10～15% 低く，オオムギに比べ穂重が大きい割に子実収量が低い。

このことから，コムギはオオムギに比べ乾物生産量は大きいが，E/T_1 および G/E が HI を低下させ，このことが低収要因となっていることが明らかとなった。

考　察

以上のように，春播ムギ類の収量性には明らかに差が認められたが，これらの差は北海道立北見農業試験場の昭和38年から52年までの平均収量（オオムギ 302 kg，春播コムギ 212 kg，エンバク 326 kg/10 a）についてもほぼ同様に認められた[8]。

作物の収量性やその成立過程には，きわめて多くの要因が複雑に関与しているものと考えられるが，その1つとして出穂期における生長量の差異があげられる。コムギはオオムギ，エンバクに比べ，栄養生長期間に展開する葉面積が小さく，出穂期での栄養生長量が小さかった。登熟期間中の子実生産は，当然出穂期以降における葉，葉鞘，稈などの栄養器官に依存することから，出穂期までにこれらの器官を確保することはきわめて重要である。出穂期の乾物重は LAD と密接な相関を示すことから，コムギでは初期生育が旺盛で栄養生長期間を長くすることにより栄養生長量を確保することが重要な課

Table 3. Grain yield, total dry weight, harvest index and related characters.

Crop Variety	GY (g/m^2)	EDW (g/m^2)	TDW (g/m^2)	HI (%)	E/T_1 (%)	E/T_2 (%)	G/E (%)	CDW/L ($g/m^2/cm$)
Barley								
Hokuiku 13	433	530	923	46.8	57.5	60.7	81.6	4.23
Hoshimasari	527	611	1148	45.8	53.3	57.1	86.3	4.86
Hokuiku 15	463	544	994	46.2	54.9	58.5	86.1	4.11
mean	474	562	1022	46.3	55.2	58.8	84.7	4.40
Significance (V)	—	—	—	—	—	*	—	*
Wheat								
Kitamiharu 38	425	585	1222	34.8	47.8	59.7	72.7	4.79
Haruhikari	445	621	1386	32.1	44.8	52.7	71.6	5.30
Kitamiharu 26	392	544	1144	34.3	47.6	54.4	72.0	5.04
mean	421	585	1251	33.7	46.7	55.6	72.1	5.04
Significance (V)	—	—	*	—	—	**	—	—
Oats								
Moiwa	662	725	1398	47.5	51.9	54.9	91.4	5.04
Hokkai 19	580	699	1462	39.7	47.9	51.8	83.0	5.81
Ohōtsuku	661	747	1490	44.4	45.1	50.7	88.5	5.50
mean	634	724	1450	43.9	48.3	52.5	87.6	5.45
Significance (V)	—	—	—	—	—	—	**	*
Significance (C)	**	**	**	**	*	*	**	**

Note. V: variety; C: crop; GY: grain yield; EDW: ear dry weight; TDW: total dry weight; HI: harvest index (the ratio of GY to TDW); E/T_1: the ratio of EDW to TDW; E/T_2: the ratio of EDW to TDW excluded non-productive tiller; CDW/L: culm dry weight per unit length;
* and ** indicate significance at the 5 and 1% levels, respectively.

題と考えられる。

登熟期においては，全重は LAD と相関を示すものの有意ではなく，生産量は，葉，葉鞘，芒の光合成活性により大きく影響されるものと考えられるが，収量性の差異が生じる要因の1つとして乾物分配特性の差異があげられる。

オオムギは登熟期間中の乾物生産量が最も小さかったが，穂への乾物分配率が高く，HI も最高を示した。これに対し，コムギ，エンバクはオオムギに比べ乾物生産量は大きかったが，穂への分配率が低く，逆に稈への分配率が高いため，HI が低かった。HI は，一般に稈長と負の相関を示すことが知られている[1,2,4,9]ほか，中世古ら[6]は，春播コムギにおいて，稈長と HI および穂への乾物分配率との間には負，稈への乾物分配率との間には正の相関関係が存在することを認め，さらに HI と稈への分配率との間にも負の相関が認められることから，長稈品種は出穂後に生産された同化産物を稈の生長にふりむける割合が大きいため，HI が低下すると指摘している。

Fig. 4 に示したように，コムギ，エンバクでは出穂後もかなり長期にわたって稈の乾物重が増加する傾向が認められ，Fig. 5 に示すように上記の関係は，本試験においても，ほぼ同様に認められた。また，コムギ，エンバクは，稈の単位長さ当り乾物重 (CDW/L) も大きい傾向が認められ，E/T_2 との間には，作物，品種を込みにして有意な負の相関が認められた。

以上のように，春播ムギ類の収量性の差異には登熟期間中における乾物分配特性の差異が大きく関与していることがわかる。また，作物間では，穂重に占める子実重の割合 (G/E) が異なり，コムギとオオムギにおける

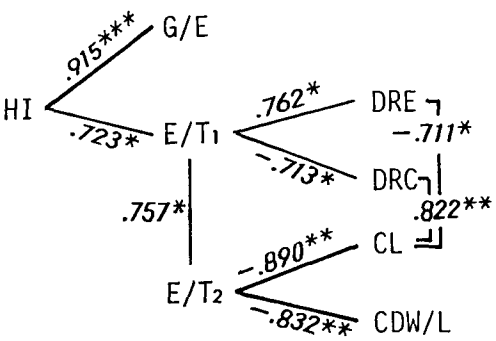

Fig. 5. Harvest index and its related characters.

Note. CL: culm length;
DRE and DRC are the distribution ratio of dry matter to ear and culm shown in Table 2.
*** indicates significance at the 0.1% level. The other symbols are the same as those shown in Table 3.

子実収量の差の一部は G/E の差によってもたらされたものと考えられたが，この差の要因については明らかではなく，今後の課題としたい。また，ムギ類では葉身のほか，葉鞘や芒などの光合成が子実生産に大きく貢献していることが報告[3,10]されていることから，今後，この点に関する詳細な検討を行いたい。

摘　要

オオムギ，コムギおよびエンバクについて各作物3品種，計9品種を疎植条件下に栽培し，乾物生産特性，分配率ならびに収量性について比較，検討した。

1. 栄養生長期間（出芽日から出穂期まで）はエンバクがオオムギ，コムギより約10日長く，登熟期間（出穂期から成熟期まで）はオオムギがコムギ，エンバクに比べ約10日短かった。

2. 収量構成要素は，オオムギでは m^2 当り穂数が多く，千粒重が大きかったが，エンバクは一穂粒数，m^2 当り粒数が多かった。また，コムギは両者のほぼ中間的な値を示した。

3. 生育初期の葉面積（葉身のみ）と全乾物重は，ともにオオムギが大きく，両者の間に有意な正の相関が認められ，オオムギはコムギ，エンバクに比べ初期生育が旺盛であった。

4. 最大葉面積指数は，3品種平均でエンバクが最も大きく（4.5），次いでオオムギの3.2，コムギの2.6であった。

5. 栄養生長期間の乾物増加量は，エンバクが最も大きく，オオムギ，コムギの順で，葉積との間に $r=0.931^{***}$ の正の相関が認められた。また，登熟期間の乾物増加量は，LAD と正の相関（$r=0.610$）を示すものの有意ではなかった。

6. 子実収量はエンバクが最も大きく，オオムギ，コムギの順であったが，収穫指数はオオムギが最も高く，コムギはきわめて低かった。

7. 各作物の収穫指数の差異には，穂乾物重に占める子実収量の割合（G/E）と，全乾物重に占める穂乾物重の割合（E/T_1）が関与し，両者ともコムギが最も小さかった。なお，E/T_1 は穂への乾物分配率（DRE）とは正，稈への乾物分配率（DRC）とは負の相関を示した。

引用文献

1. AUSTIN, R. B., BINGHAM, J., BLACKWELL, R. D., EVANS, L. T., FORD, M. M. A., MORGAN, C. L. and TAYLOR, M.: Genetic improvements in winter wheat yields since 1900 and associated physiological changes, *J. agric. Sci., Camb.*, **94**: 675-689. 1980
2. DONALD, C. M. and HAMBLIN, J.: The biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria, *Adv. in Agron.*, **28**: 361-405. 1976
3. JENNINGS, V. M. and SHIBLES, R. M.: Genotypic differences in photosynthetic contributions of plant parts to grain yield in oats, *Crop Sci.*, **8**: 173-175. 1968
4. LOWES, D. A.: Yield improvement in spring oats, *J. agric. Sci., Camb.*, **89**: 751-757. 1977
5. MOREY, D. D.: Performance of triticale in comparison with wheat, oats, barley, and rye, *Agron. J.*, **71**: 98-100. 1979
6. 中世古公男・丹野　久・後藤寛治：春播きにおける本州産および北海道産コムギ品種の比較，日作紀，49（別号2）：29-30. 1980
7. OPRINGER, E. S. and YOUNGS, V. L.: Performance of spring sown triticale, oats, barley, and wheat, *Agron. J.*, **67**: 724-726. 1975
8. 尾関幸男・佐々木宏・天野洋一：麦類編　北海道の畑作技術，p. 121-135. 農業技術協会 1978.
9. SINGH, I. D. and STOSKOPF, N. C.: Harvest index in cereals, *Agron. J.*, **63**: 224-226. 1971
10. THORNE, G. N.: Physiology of grain yield of wheat and barley, *Rothamsted Experimental Station. Report for 1973*, Part **2**: 5-25. 1974

Summary

In order to clarify the differences in dry matter production and grain yield in spring cereals (barley, wheat and oats), dry matter accumulation pattern and its distribution were investigated for three varieties of each crop (Table 1) grown under field conditions (10 cm×10 cm, singling). The results obtained are summarized as follows:

1. At the early growth stage (20 days after emergence), barley showed larger values (two times) in leaf area index (LAI; leaf blade only) and total dry weight (DW) than wheat and oats, and a highly positive correlation was recognized between LAI and DW over crops and varieties.

2. LAI attained to the maximum at about 35 days after emergence in barley, but at about the heading stage in wheat and oats. The maximum LAI was, on average of three varieties, 4.5, 3.2 and 2.6 in oats, barley and wheat, respectively (Fig. 2).

3. DW at the heading stage was largest in oats, followed by barley, and smallest in wheat (Fig. 1). Dry matter production during vegetative period showed a highly positive correlation with leaf area duration (Fig. 3).

4. Dry weight of culm was increasing during grain filling period in wheat and oats (Fig. 4), and the distribution ratio of dry matter to culm in them was higher compared with barley (Table 2). The distribution ratio to culm was correlated negatively with that to ear ($r=-0.915^{***}$).

5. Although dry weight of ear was largest in oats, followed by wheat, and smallest in barley, grain yield was smallest in wheat because of the lowest grain-ear dry weight ratio (Table 3).

6. Harvest index (HI) was highest in barley, followed by oats, and lowest in wheat (Table 3). It was assumed that HI is the cross product of G/E (the ratio of grain yield to ear dry weight) and E/T_1 (the ratio of ear dry weight to total dry weight). And the latter was correlated with DRE (distribution ratio of dry matter to ear during grain filling period) positively and DRC (distribution ratio of dry matter to culm during grain filling period) negatively, as shown in Fig. 5.

7. Barley had the largest number of ears per m^2 and the greatest 1000 grain weight, but oats had the smallest values in ear number and seed size. Wheat showed intermediate values in each yield component (Table 1).