

コムギにおける収量構造の品種間差異

塩津文隆^{1,2)}・豊田正範¹⁾・楠谷彰人^{1,3)}

(¹⁾ 香川大学農学部, ²⁾ 茨城大学農学部, ³⁾ 天津農学院)

要旨 : 1 粒重と m^2 あたり粒数ならびに出穂期と成熟期の全乾物重のデータを用いて, コムギの国内新旧品種ならびに外国品種計 50 品種のソース・シンク比による収量構造の違いを明らかにした. シンクの潜在能力を評価するために, 開花期に穂の上部 2/3 を切除し, この穂に着生した粒の粒重を限界 1 粒重 (PKW) として測定した. 穂を切除しない無処理の粒重を 1 粒重 (KW) とし, 潜在的能力に対して実際に充填できている割合をシンク充填歩合 (KW/PKW) としてソース・シンクのバランスを評価した. なお, 出穂期から成熟期までの全乾物重の増加量を収量の「出穂後同化分」として評価し, 1 粒重と粒数の積で表される収量のうち, 出穂後同化分を除いた「出穂前蓄積分」の収量に対する割合 (出穂前蓄積分割合) を評価した. シンク充填歩合は, 1980 年以後に育成された国内品種が平均値で 0.783 と, それ以前に育成された国内品種の 0.730 に比べて高かった. 外国品種では, 出穂期の遅い品種で 0.751~0.810 と高かった. 出穂前蓄積分割合は, 1980 年以前に育成された品種で 30% を超える高いものが 21 品種中 9 品種みられた. 外国品種の中には負の値を示すものもあり, 収量生産が出穂後同化分のみで賄われていたことをうかがわせた. これら 50 品種をシンク充填歩合 0.741 を境として高いもの (I) と低いもの (II) に, 出穂前蓄積分割合 21.2% 以上のもの (A), 0~21.2% のもの (B), 0% 以下のもの (C) で分類した.

キーワード : コムギ, 収量キャパシティ, 収量構造, 多収性, 転流量, 品種間差.

日本におけるコムギの作付面積は, 1942 年に 85 万 5900 ha で最高に達した後, 1973 年には 7 万 4900 ha まで激減した. 1970 年代後半から 1980 年代にかけて米の生産調整との関係から一旦は増加したが, 1990 年代に入ると再び減少に転じた. 1990 年代後半には麦作振興対策によって増加傾向となったものの, 2003 年から 2014 年産にかけてのコムギの作付面積は約 21 万 ha にとどまっている. 収量面でも, 北海道以外の府県の収量は低迷している. すなわち, 2014 年産コムギの 10 a 当たり収量は, 北海道では 445 kg であったが, 他府県の平均収量は 336 kg でしかなかった. このため, 収穫量は 84 万 9100 トンで, 需要総量の約 15% しか満たせていない.

こうしたことから, コムギの自給率向上のために, 各産地では栽培面積の拡大と収量の増加が強く望まれている. 同時に, 研究面からも多収性が重要な課題になると思われる. これまでコムギの収量性に関しては, 生育過程における物質生産, 群落構造および物質分配の体系的な把握およびシミュレーションモデルによるそれらのダイナミクスの評価 (高橋・後藤 1984, 高橋ら 1988, 高橋・中世古 1992, 高橋 1994), 秋播きコムギ品種の栄養生理的特性および窒素の肥培管理 (下野 1986) など, 北海道のコムギを対象に多く行われてきた. 最近では, 西日本でもコムギの収量や収量構成要素に関する研究が増加しており, 九州における低収年および高収年の収量形成と気象要因との関係解析 (松江ら 2000, 2001), 秋播性早生品種「イワイノダイチ」の子実重と乾物生産特性, 収量構成要素, 気象要因との関係および栽培法 (福嶋ら 2003, 2004a, 2004b), コムギの葉,

小穂および小花の分化数の追跡による一穂粒数の成立過程の解析 (豊田ら 2003) および山口県における早播き栽培による収量性への影響 (Zhang ら 2006) などが報告されている. しかし, 物質生産特性やソースとシンクの関係などから収量の品種間差を解析した報告 (藤田・氏原 1993, 田谷 1993) はそれほど多くない.

そこで, 本研究では, 内外の新旧品種を含む多数の品種を供試してソースとシンクの関係を比較するとともに, その結果に基づいて収量構造による品種分類を行った.

材料および方法

試験は, 香川大学農学部実験圃場において, 以下の方法により 2 反復で実施した.

1. 供試品種

試験には, 第 1 表に示した 50 の品種・系統 (以下, 品種とする) を供試した. 内訳は, 日本品種 33, 外国品種 17 であり, 外国品種は蘇麦 3 号, 徐州小麦 (中国), Eagle, Federation, Oligo culm (アメリカ), Orofen (チリ), Aquila (イタリア) 以外の 10 品種がオーストラリア品種である. なお, 供試品種の育成情報は, 平成 8 年農林水産省技術会議事務局による品種一覧資料 (注: 農林水産省技術会議事務局 1996), 農業生物資源ジーンバンク: NIAS (農業生物資源研究所 2015), Genetic Resources Information System for Wheat and Triticale: GRIS (CIMMYT 2015) によった. なお, 系統 (品種番号 2, 3, 4, 8) については各試験場の育成番号からおよその年代を推定した.

第1表 供試品種の育成情報、出穂期、地上部乾物重および総粒数.

番号	品種名	育成年度	育成地	HD ¹⁾	W ₁ ²⁾	W ₂ ²⁾	N ¹⁾	出典
1	チクゴイズミ	1994	九州農試	4/11	900 ± 63	1596 ± 178	27566 ± 126	農水省
2	中系 5489	1990 代	中国農試	4/ 9	769 ± 214	1242 ± 244	22295 ± 4308	—
3	関系 W 396	1990 代	農研センター	4/14	790 ± 112	1188 ± 386	23777 ± 7115	—
4	羽系 91-64	1991 前後	九州農試	4/15	835 ± 262	1417 ± 223	34727 ± 5737	—
5	バンドウワセ	1990	農研センター	4/ 8	829 ± 36	1353 ± 540	23086 ± 9649	農水省
6	ダイチノミノリ	1989	九州農試	4/13	902 ± 211	1421 ± 43	26522 ± 1852	農水省
7	アイラコムギ	1988	農研センター	4/12	977 ± 106	1613 ± 39	23780 ± 6752	農水省
8	羽系 88-17	1988 前後	九州農試	4/14	901 ± 97	1518 ± 250	26821 ± 4583	—
9	中国 140 号	1987	中国農試	4/11	675 ± 69	1289 ± 169	27463 ± 1373	NIAS
10	ニシカゼコムギ	1984	九州農試	4/10	914 ± 10	1673 ± 122	27559 ± 3251	農水省
11	フクホコムギ	1979	農事試	4/12	797 ± 156	1287 ± 278	23738 ± 5025	農水省
12	ミナミノコムギ	1979	九州農試	4/13	710 ± 193	1201 ± 317	28522 ± 8574	農水省
13	アサカゼコムギ	1978	九州農試	4/ 9	976 ± 120	1583 ± 58	30252 ± 1065	農水省
14	チクシコムギ	1977	九州農試	4/13	663 ± 193	1122 ³⁾	23487 ³⁾	農水省
15	西海 146 号	1976	九州農試	4/ 8	924 ± 30	1386 ± 309	22585 ± 5208	NIAS
16	セトコムギ	1976	九州農試	4/12	964 ± 50	1326 ± 191	23925 ± 2465	農水省
17	トヨホコムギ	1976	農事試	4/18	823 ± 40	1351 ± 11	29184 ± 522	農水省
18	シロガネコムギ	1974	九州農試	4/10	694 ± 188	1371 ± 341	26687 ± 7152	農水省
19	ヒヨクコムギ	1969	九州農試	4/10	906 ± 14	1451 ± 33	26228 ± 29	農水省
20	オマセコムギ	1969	東海近畿農試	4/14	738 ± 182	1182 ± 131	22349 ± 5484	農水省
21	ゼンコウジコムギ	1969	長野県農試	4/17	874 ± 123	1244 ± 234	20562 ± 2094	農水省
22	ウシオコムギ	1967	中国農試	4/14	1065 ± 185	1510 ± 58	28350 ± 100	農水省
23	ミクニコムギ	1962	農事試	4/21	789 ± 163	1282 ± 395	22007 ± 4399	農水省
24	フジミコムギ	1960	関東東山農試	4/14	853 ± 75	1542 ± 328	26467 ± 7039	農水省
25	ジュンレイコムギ	1957	四国農試	4/13	887 ± 110	1518 ± 169	29357 ± 4403	農水省
26	シラサギコムギ	1956	中国農試	4/14	785 ± 299	1229 ± 252	22098 ± 5251	農水省
27	ダンチコムギ	1956	鹿児島農試	4/16	948 ± 36	1485 ± 286	38813 ± 5834	農水省
28	農林 61 号	1944	佐賀県農試	4/14	1053 ± 26	1671 ± 155	29559 ± 4080	農水省
29	農林 67 号	1944	群馬県農試	4/19	933 ± 4	1272 ± 95	25776 ± 429	農水省
30	農林 26 号	1937	奈良県農試	4/14	1096 ± 4	1492 ± 9	25339 ± 365	農水省
31	農林 27 号	1937	岩手県農試	4/24	803 ± 66	1271 ± 3	17424 ± 564	農水省
32	伊賀筑後オレゴン	1930 年以前	長野県農試	4/17	957 ± 36	1369 ± 88	23971 ± 1745	NIAS
33	国分坊主	不明	鹿児島	4/15	972 ± 45	1307 ± 11	20896 ± 498	NIAS
34	Gala*	1976	Australia	4/18	1112 ± 13	1587 ± 16	20091 ± 1832	GRIS
35	Condor*	1973	Australia	4/22	1038 ± 315	1484 ± 266	25323 ± 1233	GRIS
36	Kite*	1973	Australia	4/25	573 ± 271	862 ± 355	14157 ± 4523	GRIS
37	Madden*	1970	Australia	4/17	1039 ± 30	1577 ± 91	19379 ± 2595	GRIS
38	蘇麦 3 号 *	1970	China	4/17	1081 ± 89	1520 ± 130	21671 ± 1717	GRIS
39	Eagle*	1970	USA	4/21	849 ± 273	1258 ± 151	20443 ± 3392	GRIS
40	Gatcher*	1969	Australia	4/16	839 ± 158	1469 ± 46	17690 ± 910	GRIS
41	Halberd*	1969	Australia	4/22	1018 ± 257	1322 ± 496	17741 ± 7504	GRIS
42	Festiguay*	1963	Australia	4/26	861 ± 384	1493 ± 43	14753 ± 4022	GRIS
43	徐州小麦 *	1962	China	4/22	637 ± 414	1179 ± 346	22500 ± 5658	GRIS
44	Gamenya*	1960	Australia	4/18	1056 ± 249	1598 ± 7	21461 ± 137	GRIS
45	Orofen*	1958	Chili	4/18	1126 ± 28	1552 ± 128	22187 ± 3490	GRIS
46	Aquila*	1952	Italy	4/23	684 ± 260	1185 ± 137	21722 ± 2510	GRIS
47	Gabo*	1945	Australia	4/19	751 ± 79	1153 ± 69	15628 ± 617	GRIS
48	Currawa*	1912	Australia	4/26	1116 ± 185	1495 ± 315	16236 ± 2093	GRIS
49	Federation*	1901	USA	4/26	1146 ± 97	1755 ± 245	19239 ± 1762	GRIS
50	Oligo culm*	不明	USA	4/22	990 ± 121	1481 ± 9	15182 ± 2252	GRIS
平 均				4/16	892	1394	23532	

HD：出穂期（月／日），W₁：出穂期の乾物重（g m⁻²），W₂：成熟期の乾物重（g m⁻²），N：粒数（粒 m⁻²）。

W₁，W₂，および N の数値は 2 反復区の平均値 ± 標準誤差。

¹⁾ 上田ら（2000a）よりデータを引用。²⁾ 上田ら（2000b）よりデータを引用。³⁾ データ欠損のため 1 反復区のデータのみ表示。*：外国品種。出典：各品種の育成年度・育成地は下記の情報から記載。農水省：平成 8 年農林水産省技術会議事務局による品種一覧資料。NIAS：農業生物資源研究所遺伝資源データベース。GRIS：CIMMYT Genetic Resources Information System for Wheat and Triticale。また、系統（品種番号 2，3，4，8）については、各試験場の育成番号からおよその年代を推定した。

2. 栽培方法

1997年11月25日に、長さ120 cm、幅0.8 cm、深さ2 cmの播種溝を20 cmおきに配列した試験区を設け、1品種6列、1列当たり60粒の種子を約2 cm間隔で播種した。肥料は基肥としてN、 P_2O_5 、 K_2O をそれぞれ10 a当たり10 kgずつ施用し、追肥は行わなかった。

3. 調査法

各品種の出穂期と成熟期に、2列の両端10 cmを除いた1 mを地際から刈り取り、80℃で48時間通風乾燥させた後、乾物重を測定した。成熟期には、全体の穂数を計数した後、任意に選んだ15穂の粒数と粒重を調査した。これらの調査結果から、出穂期と成熟期における m^2 当たり地上部乾物重および出穂期から成熟期までの乾物生産量、 m^2 当たり総粒数、平均1粒重を算出した。

乾物重を調査したのとは別の1列において、各品種の開花期に穂の上部約2/3を切り取る小穂切除処理を行った。成熟期に、2つの反復区から採取した小穂切除処理した穂50本をまとめて手で脱穀して粒数と粒重を調査し、平均1粒重を求めた。

本試験では、小穂を切除しなかった区の平均1粒重を無処理区1粒重、小穂切除処理を行った区の平均1粒重を限界1粒重(田中1975)とした。また、以下の本文中では、 m^2 当たり乾物重と総粒数について「 m^2 当たり」は略記した。

4. 収量解析法

総粒数(N)と無処理区1粒重(KW)との積($N \times KW$)は収量内容物の子実への集積量、すなわち収量であり、Nと限界1粒重(PKW)との積($N \times PKW$)は収量キャパシティ、すなわちシンクの大きさを表す(田中1975, 村田1976, 玖村1984)。さらに、田中(1975)は、KW/PKWは現有のソース能によって生産された収量内容物で収量キャパシティがどの程度満たされているか、すなわちシンクの充填歩合(充実度)を示すものであり、ソースとシンクの相対的大きさを判断する指標になると述べている。そこで、本試験では、KW/PKWをシンク充填歩合とし、これによってソースとシンクの間隔を解析した。

収量の内容物は、出穂期までに生産され茎葉中に一時貯蔵された後子実に移行してくる「出穂前蓄積分」と出穂後に生産され直接子実に送られる「出穂後同化分」とに分けられる(村田1976)。本研究では、出穂期後の乾物生産量を「出穂後同化分(ΔW)」、収量($N \times KW$)から ΔW を除いたものを「出穂前蓄積分(TW)」とし、 $TW/(N \times KW)$ で出穂前蓄積分割合(T%)を表した。

結 果

1. 供試品種の育成情報、出穂期、地上部乾物重および総粒数

第1表に供試品種の育成情報、出穂期、地上部乾物重お

よび総粒数、第2表に出穂後同化分、収量関連形質および収量構造を示した。表には国内品種と外国品種に分けて、さらに、育成年度の新しい順に記載した。

品種別の出穂期(HD)はバンドウワセと西海146号の4月8日が最も早く、Festiguay, CurrawaおよびFederationの4月26日が最も晚かった。全品種の平均出穂期は4月16日であったが、概して外国品種に晩生のものが多かった。

出穂期の乾物重(W_1)はFederationの1146 gが最も高く、Kiteの573 gが最も低かった。12品種が1000 gを超えており、全品種の平均値は892 gであった。

成熟期の乾物重(W_2)は出穂期の乾物重と同様に、Federationの1755 gが最も高く、Kiteの862 gが最も低かった。全品種の平均値は1394 gであった。

総粒数(N)は、ダンチコムギの38813粒からKiteの14157粒までの差がみられた。他の品種では、アサカゼコムギと羽系91-64は3万粒を越えていたが、Festiguayは1.5万粒以下であった。全品種の平均値は23532粒であった。

無処理区の1粒重(KW)は、Currawaの36.7 mgから羽系91-64の19.7 mgの間に変異し、全品種の平均値は27.7 mgであった。ヒヨクコムギの33.1 mgがCurrawaの次に重く、アイラコムギ、Gatcher, Federationも32 mg以上であった。一方、ミナミノコムギとダンチコムギは22 mg未満で、羽系91-64に次いで軽かった。すなわち、KWには15 mg前後の品種間差がみられたが、最近の西日本におけるコムギ品種の中ではヒヨクコムギが大粒で、ミナミノコムギが小粒であることは田谷(1993)によっても報告されている。

小穂切除処理によって求めた限界1粒重(PKW)も、Currawaの47.8 mgが最高で、GatcherとOligo culmも45 mg前後で重かった。最低は国分坊主の30.6 mgであり、羽系91-64の31.1 mgがその次に軽かった。全品種の平均値は37.4 mgで、KWの平均値を約10 mg上回った。

2. 収量キャパシティとソース・シンク比

第1表、第2表にみられるように、総粒数(N)と無処理区1粒重(KW)との積($N \times KW$)はヒヨクコムギの868 gが最高で、他にチクゴイズミ、ニシカゼコムギ、アサカゼコムギ、ダンチコムギも850 g以上の値を示した。最低はKiteの411 gで国分坊主、Halberd, Festiguay, Gabo, Oligo culmの値も500 g以下であった。全品種の平均値は642 gであった。 $N \times PKW$ には、ダンチコムギの1269 gからKiteの546 gまでの開きがみられた。他に、チクゴイズミ、アサカゼコムギ、ヒヨクコムギなど8品種は1000 g以上で大きく、国分坊主、Gabo, Oligo culmなど5品種は700 g未満で小さかった。全品種の平均値は870 gで、 $N \times KW$ を約230 g上回った。

第1図に、限界1粒重(PKW)と無処理区1粒重(KW)との関係を示した。両者の間には0.1%水準で有意な正の相関関係が存在し、PKWが重い品種はKWも重いという

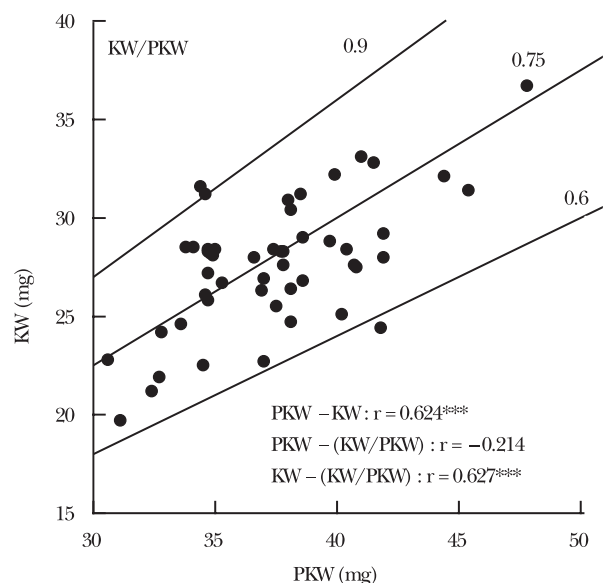
第2表 供試品種の出穂後同化分、収量関連形質および収量構造。

番号	品種名	ΔW	KW	PKW	$N \times KW$	$N \times PKW$	KW/PKW	T%	収量構造
1	チクゴイズミ	696	30.9 ± 0.3	38.0	852	1048	0.813	18.3	I B
2	中系 5489	472	28.4 ± 1.0	35.0	633	780	0.811	25.4	I A
3	関係 W 396	397	26.7 ± 1.0	35.3	635	839	0.756	37.5	I A
4	羽系 91-64	582	19.7 ± 2.4	31.1	684	1080	0.633	14.9	II B
5	バンドウワセ	525	28.4 ± 1.0	37.4	656	863	0.759	20.0	I B
6	ダイチノミノリ	519	28.0 ± 1.8	36.6	743	971	0.765	30.1	I A
7	アイラコムギ	636	32.2 ± 1.3	39.9	766	949	0.807	17.0	I B
8	羽系 88-17	617	28.5 ± 0.8	34.1	764	915	0.836	19.2	I B
9	中国 140 号	614	26.1 ± 0.0	34.6	717	950	0.754	14.4	I B
10	ニシカゼコムギ	759	31.2 ± 0.9	34.6	860	954	0.902	11.7	I B
11	フクホコムギ	490	27.5 ± 0.8	40.8	653	969	0.674	25.0	II B
12	ミナミノコムギ	490	21.2 ± 0.2	32.4	605	924	0.654	19.0	II B
13	アサカゼコムギ	607	28.4 ± 0.1	34.7	859	1050	0.818	29.3	I A
14	チクシコムギ	459	$25.8^{1)}$	34.7	606	815	0.744	24.3	I A
15	西海 146 号	463	28.3 ± 2.0	37.8	639	854	0.749	27.5	I A
16	セトコムギ	362	24.6 ± 2.4	33.6	589	804	0.732	38.5	II A
17	トヨホコムギ	528	26.9 ± 2.3	37.0	785	1080	0.727	32.7	II A
18	シロガネコムギ	677	28.2 ± 1.4	34.8	753	929	0.810	10.1	I B
19	ヒヨクコムギ	544	33.1 ± 0.5	41.0	868	1075	0.807	37.3	I A
20	オマセコムギ	445	26.3 ± 0.2	36.9	588	825	0.713	24.3	II B
21	ゼンコウジコムギ	370	26.4 ± 0.2	38.1	543	783	0.693	31.9	II A
22	ウシオコムギ	445	22.7 ± 0.8	37.0	644	1049	0.614	30.9	II A
23	ミクニコムギ	493	28.3 ± 1.1	34.7	623	764	0.816	20.9	I B
24	フジミコムギ	689	28.1 ± 0.3	34.9	744	924	0.805	7.4	I B
25	ジュンレイコムギ	630	26.8 ± 0.7	38.6	787	1133	0.694	19.9	II B
26	シラサギコムギ	444	27.2 ± 1.2	34.7	601	767	0.784	26.1	I A
27	ダンチコムギ	537	21.9 ± 1.2	32.7	850	1269	0.670	36.8	II A
28	農林 61 号	617	25.1 ± 3.9	40.2	742	1188	0.624	16.8	II B
29	農林 67 号	349	22.5 ± 2.2	34.5	580	889	0.652	39.8	II A
30	農林 26 号	396	25.5 ± 1.4	37.5	646	950	0.680	38.7	II A
31	農林 27 号	469	31.6 ± 1.9	34.4	551	599	0.919	14.9	I B
32	伊賀筑後オレゴン	411	28.4 ± 0.6	40.4	681	968	0.703	39.6	II A
33	国分坊主	335	22.8 ± 5.7	30.6	476	639	0.745	29.6	I A
34	Gala*	475	28.8 ± 0.1	39.7	579	798	0.725	18.0	II B
35	Condor*	446	24.7 ± 0.4	38.1	625	965	0.648	28.6	II A
36	Kite*	289	29.0 ± 0.2	38.6	411	546	0.751	29.7	I A
37	Madden*	538	30.4 ± 0.4	38.1	589	738	0.798	8.7	I B
38	蘇麦 3 号 *	439	28.5 ± 0.7	33.8	618	732	0.843	29.0	I A
39	Eagle*	409	28.3 ± 1.1	37.7	579	771	0.751	29.4	I A
40	Gatcher*	631	32.1 ± 0.3	44.4	568	785	0.723	-11.1	C
41	Halberd*	304	28.0 ± 4.1	41.9	497	743	0.668	38.8	II A
42	Festiguay*	632	31.2 ± 1.1	38.5	460	568	0.810	-37.4	C
43	徐州小麦 *	542	24.2 ± 0.4	32.8	545	738	0.738	0.6	C
44	Gamenya*	542	27.6 ± 3.7	37.8	592	811	0.730	8.4	I B
45	Orofen*	425	24.4 ± 0.9	41.8	541	927	0.584	21.4	II B
46	Aquila*	501	27.6 ± 1.4	40.7	600	884	0.678	16.5	II B
47	Gabo*	402	29.2 ± 0.4	41.9	456	655	0.697	11.8	II B
48	Currawa*	379	36.7 ± 5.7	47.8	596	776	0.768	36.4	I A
49	Federation*	609	32.8 ± 0.7	41.5	631	798	0.790	3.5	I B
50	Oligo culm*	491	31.4 ± 8.0	45.4	477	689	0.692	-2.9	C
平 均		502	27.7	37.4	642	870	0.741	21.2	

ΔW : 出穂後同化分 (g m^{-2}), KW: 1 粒重 (mg), PKW: 限界 1 粒重 (mg), $N \times KW$: 収量 (g m^{-2}), $N \times PKW$: 収量キャパシティ (g m^{-2}), KW/PKW: シンク充填歩合, T%: 出穂前蓄積分割。

KW の数値は 2 反復区の平均値 \pm 標準誤差。PKW は 2 反復区の穂をまとめて調査したため、反復毎のデータがない。

¹⁾ データ欠損のため 1 反復区のデータのみ表示。*: 外国品種



第1図 限界1粒重 (PKW) と無処理区1粒重 (KW) との関係。
***: 0.1%水準で有意。

傾向がみられた。しかし、同 PKW での KW, すなわち KW/PKW は品種によって異なった。KW/PKW が1を越える品種はなく、農林27号の0.919が最高であった。次がニシカゼコムギの0.902で、この2品種のみが0.850を上回った。最低はOrofenの0.584で、羽系91-64, ウシオコムギ, 農林61号, Condorの値も0.650以下であった。全品種の平均値は0.741であった。なお、KW/PKWはKWとは0.1%水準で有意な正の相関を示したが、PKWとの間に有意な相関関係は認められなかった。

このように、農林27号やニシカゼコムギは現在のソースの能力で生産された収量内容物によってシンクの9割以上が埋められていたのに対し、Orofenなどはその2/3も満たすことができず、ソース能の不足が明らかであった。

3. 収量内容物と出穂前蓄積分割

第2表に示したように、出穂後同化分 (ΔW) はニシカゼコムギの759gが最も多く、唯一700gを越えた。チクゴイズミ, シロガネコムギ, フジミコムギも700g近い値であった。これに対し、Kiteは289gで最も少なく、農林67号, 国分坊主, Halberdも350gを下回った。なお、表には示していないが、出穂前蓄積分 (TW) はヒヨクコムギとダンチコムギは300g以上であったが、Gatcher, Festiguay, Oligo culmの3品種は0g以下であった。

出穂前蓄積分割合 (T%) には、農林67号の39.8%からFestiguayの-37.4%までの大きな品種間差が存在した。農林67号の次に伊賀筑後オレゴンの39.6%が高く、関係W396, セトコムギ, ヒヨクコムギ, 農林26号, Halberdも38%前後の高い値を示した。一方、Gatcherの他, Festiguay, Oligo culmも0%以下であった。全品種の平均値は21.2%であった。すなわち、農林67号や伊賀筑後オ

レゴンなどは収量の40%近くが「出穂前蓄積分」からの転流物で占められていたが、GatcherやFestiguayなどは収量が全て「出穂後同化分」で満たされ、さらにその余った一部が茎葉中に再蓄積されていた。

考 察

村田 (1976) は、作物の収量を収量キャパシティと収量内容物に分けて考察し、全ての収量関連特性はこのいずれかを通じて収量に結びつくとした。また、田中 (1975) は、収量キャパシティがシンクの大きさを表し、収量内容物がソース能の発現結果とみなし得ることから、収量性の改善はシンクの拡大→それに対応したソースの改良→次の水準へのシンクの再拡大→、の繰り返しによって進展すると述べ、増収を実現するためにはソースとシンクの間関係を詳しく検討し、問題とする品種の収量制限要因がシンクとソースのどちら側にあるのかを見極めることが必要であると指摘している。

コムギでは、開花期に小穂や穎果を切除してソース・シンク比を増加させた場合の粒重への反応からソースとシンクの間関係を解析する方法が用いられるが、粒重が増加する場合 (Fischer and HilleRisLambers 1978) はソース制限型であり、新しい品種ほど粒重増加が大きい (Koshkin and Tararina 1989) とする一方で、小穂の半分を切除しても粒重は増加しない (Slafer and Savin 1994) との報告もある。また、小粒品種ほど粒重増加が大きいとする報告 (Maら1990) とこれとは逆の報告 (Blade and Baker 1991) もあるなど、必ずしも統一した結果は得られていない。ただし、最近の報告では一般的にコムギはシンク制限 (Borrásら2004) であり、ソースシンク比を操作する試験では稈に蓄積された炭水化物のソース能としての役割を評価する必要性が指摘されている (Serragoら2013)。

本試験でも穂の上部約2/3を切り取る小穂切除処理を行ったが、海外でのソース・シンク比の試験の解析では一般的に対照区に対する処理区の粒重変化を指標としているのに対して、本論文では田中 (1975) の考え方に従って無処理区の1粒重 (KW) / 小穂切除区の1粒重 (限界1粒重, PKW) をシンク充填歩合とし、これによって収量の制限要因がソース側にあるのか、シンク側にあるのかを判断した。また、総粒数 (N) と PKW との積でシンクの大きさ、すなわち収量キャパシティ ($N \times PKW$) を表した。同時に、収量 ($N \times KW$) を出穂前蓄積分 (収量から出穂後同化分を除いたもの, TW) と出穂後同化分 (ΔW) とに分け、 $TW / (N \times KW)$ から出穂前蓄積分割合 (T%) を算出した。そこでまず、第2図でシンク充填歩合 (KW/PKW) と出穂前蓄積分割合 (T%) との間関係を検討したところ、相関関係に有意性は認められず、KW/PKW と T% の大小による組合せは品種によって異なったことから、KW/PKW と T% の組合せを基に供試品種を収量構造別に分類した。

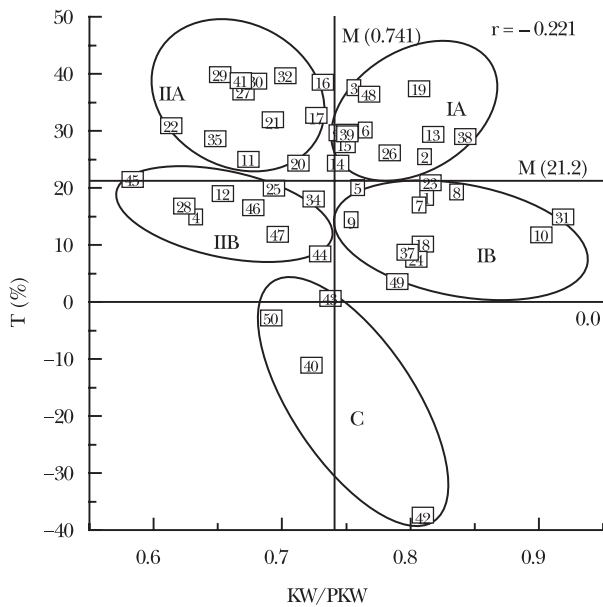
KW/PKW には、農林27号の0.919からOrofenの0.584

までの変異がみられ、全品種の平均値は0.741であった(第2表)。KW/PKWは、その値が低い品種ほど通常の生育条件下での子実重が潜在的な限界粒重にまで肥大できていないこと、すなわち現有のソース能によって生産された同化産物(収量内容物)で収量キャパシティが十分満たせていないことを意味する(田中 1975)。したがって、これらの品種は収量がソース側に強く規制されるソース制限型と判

断される。これと反対に、KW/PKWが1の品種は現在の条件下で子実が限界まで肥大していること、すなわち現在の収量内容物で収量キャパシティが満たされていることを表す。このため、これらの品種は、収量の制限要因がシンクの大きさやその同化産物の受け入れ能力などにあるシンク制限型と言える。本試験の場合、KW/PKWが1に達した完全なシンク制限型品種はなかったが、この値が高いほどシンクの影響力が相対的に強いと考えられる。そこで、KW/PKWが平均値以上の品種をシンク制限型(I)、平均値未満の品種をソース制限型(II)とした。

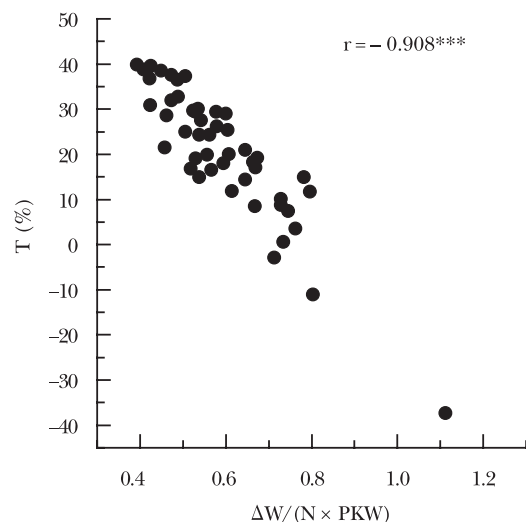
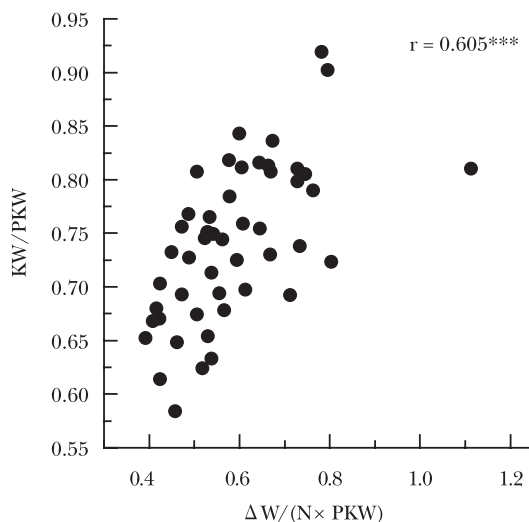
また、T%は収量に占める「出穂前蓄積分」の割合を示すもので、この値が高いほど収量が転流量に強く依存していることを意味する。逆に、0%未満の品種は「出穂後同化分」が収量を上回り、その剰余が茎葉中に再蓄積されることを表す(斎藤ら 1993)。本試験における供試品種のT%は、農林67号の39.8%が最高、Festiguayの-37.4%が最低で、平均値は21.2%であった(第2表)。そこで、供試品種をT%が平均値以上の転流型(A)、0%~平均値の同化産物型(B)、0%未満の再蓄積型(C)に3分した。さらに、I、IIとA~Cの組合わせを収量構造とし、供試品種をシンク制限型で転流型のIA群(13品種)、シンク制限型で同化産物型のIB群(13品種)、ソース制限型で転流型のIIA群(10品種)、ソース制限型で同化産物型のIIB群(10品種)およびKW/PKWが平均値前後で再蓄積型のC群(4品種)に細分した(第2表)。ただし、Orofen(品種番号45)のT%は平均値以上、徐州小麦(同43)のT%は0%を上回ったが、分布の状態からOrofenはIIB群、徐州小麦はC群に含めた。

品種別の収量構造は第2表に示したとおりであるが、どれかの群に日本品種あるいは外国品種が集中するという傾向はみられなかった。しかし、日本品種の中ではチクゴイ



第2図 シンク充填歩合(KW/PKW)と出穂前蓄積分割合(T%)との関係。

収量構造は、シンク充填歩合(KW/PKW)によってI型(KW/PKW 0.741以上)およびII型(KW/PKW 0.741未満)に2分するとともに、出穂前蓄積分割合(T%)によりA型(平均値21.2%以上)、B型(0~21.2%)、C型(0未満)に3分した。□内の数字は品種番号(第1表)を示す。



第3図 出穂後同化分/収量キャパシティ[$\Delta W/(N \times PKW)$]とシンク充填歩合(KW/PKW)および出穂前蓄積分割合(T%)の関係。

***: 0.1%水準で有意。

ズミ、バンドウワセ、ダイチノミノリ、アイラコムギ、ニシカゼコムギなど1980年以降に育成された品種はIAまたはIB群に属していた。一方、ウシオコムギ、ダンチコムギ、農林26号など1970年までに育成された品種は、IIA群に分類されるものが多かった。また、4月12日までに出穂した12品種のうち、10品種はIAまたはIB群に属していた。C群に日本品種は含まれていなかった。

KW/PKWの差をさらに検討するため、式に ΔW とNを取り込んで次のように変形した。

$$\begin{aligned} KW/PKW &= [\Delta W / (N \times PKW)] [(N \times KW) / \Delta W] \\ &= [\Delta W / (N \times PKW)] \times [1 / \Delta W / (N \times KW)] \\ &= [\Delta W / (N \times PKW)] \times [1 / (1 - T\%)] \end{aligned}$$

したがって、KW/PKWの差は $\Delta W / (N \times PKW)$ とT%によって説明することができる。なお、田谷(1993)は転流量の多少を評価する指標として穂揃期後の乾物生産量に対する穂重増加量の割合を用いているが、これは、穂重増加量を収量と考えれば、上式の $(N \times KW) / \Delta W$ に一致する。そこで、第3図で、 $\Delta W / (N \times PKW)$ とKW/PKWおよびT%の関係についてみると、 $\Delta W / (N \times PKW)$ とT%は極めて強い負の相関関係にあった。これは「出穂後同化分」で収量キャパシティを十分満たせない場合に、その不足分を補うために「出穂前蓄積分」からの転流量が増加することを示すもので、水稻においても同様の報告がなされている(楠谷ら1993, 斎藤ら1993, 角ら1996)。また、 $\Delta W / (N \times PKW)$ とKW/PKWとの間には有意な正の相関関係が認められ(第3図)、収量キャパシティ当たりの「出穂後同化分」が多い品種はソース・シンク比が高かったが、T%とKW/PKWとは無関係であった(第2図)。すなわち、供試品種全体でみると、出穂前蓄積分割合よりも出穂後同化分の方がシンク充填歩合を強く規制していたが、それぞれの影響力に果たす役割は収量構造によって異なると考えられる。

引用文献

- Blade, S.F. and Baker, R.J. 1991. Kernel weight response to source-sink changes in spring wheat. *Crop Sci.* 31: 1117-1120.
- Borrás, L., Slafer, G.A. and Otegui, M.A.E. 2004. Seed dry weight response to source-sink manipulations in wheat, maize and soybean: a quantitative reappraisal. *Field Crops Res.* 86: 131-146.
- CIMMYT 2015. Genetic Resources Information System for Wheat and Triticale: GRIS. <http://wheatpedigree.net>. (2015/5/3 閲覧).
- Fischer, R.A. and HilleRisLambers, D. 1978. Effect of Environment and cultivar on source limitation to grain weight in wheat. *Aust. J. Agr. Res.* 29: 443-458.
- 福嶋陽・楠田宰・古畑昌巳 2003. 暖地における早播きした秋播性コムギ「イワイノダイチ」の収量成立要因の解析. *日作紀* 72: 149-157.
- 福嶋陽・楠田宰・古畑昌巳・中野洋 2004a. 早播きした秋播性コムギ「イワイノダイチ」における後期重点施肥が生育・収量に及ぼす影響. *日作紀* 73: 163-168.
- 福嶋陽・楠田宰・古畑昌巳・中野洋 2004b. 早播きした秋播性コムギ「イワイノダイチ」における疎播が生育・収量に及ぼす影響. *日作紀* 73: 169-174.
- 藤田雅也・氏原和人 1993. 暖地におけるコムギの多収性関連形質の評価. *九州農試報告* 28: 29-43.
- Koshkin, E.I. and Tararina, V.V. 1989. Yield and source/sink relations of spring wheat cultivars. *Field Crops Res.* 22: 297-306.
- 玖村敦彦 1984. 果実・種子の形成、発育. 佐藤庚他著, 作物の生態生理, 文永堂, 東京. 269-322.
- 楠谷彰人・浅沼興一郎・木暮秩 1993. 水稻における多収性の品種生態に関する研究. 第1報 収量構造の品種間差異. *日作紀* 62: 385-394.
- Ma, Y. Z., Mackown, C. T. and Van-Sanford, D. A. 1990. Sink manipulation in wheat: Compensatory changes in kernel size. *Crop Sci.* 30: 1099-1105.
- 松江勇次・山口修・佐藤大和・馬場孝秀・田中浩平・古庄雅彦・尾形武文・福島裕助 2000. 1998年における北部九州の麦類不作の要因解析とその技術対策. *日作紀* 69: 102-109.
- 松江勇次・陣内暢明・馬場孝秀・岩瀬哲也・福島裕助・古庄雅彦 2001. 1999年における北部九州産麦類の多収要因の解析. *日作紀* 70: 261-266.
- 村田吉男 1976. 作物生産と栽培環境. 村田吉男・玖村敦彦・石井龍一共著, 作物の光合成と生態-作物生産の理論と応用-. 農文協, 東京. 147-196.
- 農業生物資源研究所 2015. 農業生物資源ジーンバンク遺伝資源データベース. <https://www.gene.affrc.go.jp/> (2015/5/3 閲覧).
- 斉藤邦行・下田博之・石原邦 1993. 水稻多収性品種の乾物生産特性の解析. 第6報 新・旧品種の比較を通じて. *日作紀* 62: 509-517.
- Serrago, R.A., Alzueta, I., Savin, R. and Slafer, G.A. 2013. Understanding grain yield responses to source-sink ratios during grain filling in wheat and barley under contrasting environments. *Field Crops Res.* 150: 42-51.
- Slafer, G.A. and Savin, R. 1994. Source-sink relationships and grain mass at different positions within the spike in wheat. *Field Crops Res.* 37: 39-49.
- 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.
- 角明夫・箱山晋・翁仁憲・縣和一・武田友四郎 1996. 水稻の登熟過程における穂重増加を支配する稲体要因の解析. 第2報 穎花の同化産物受容効率に及ぼす出穂期貯蔵炭水化物の役割. *日作紀* 65: 214-221.
- 高橋昭雄・後藤寛治 1984. 春播コムギにおける窒素施肥反応の系統間差異. とくに収獲指数とその関連形質について. *北大農邦文紀要* 14: 193-200.
- 高橋肇・中世古公男・後藤寛治 1988. 春播コムギの短稈および長稈品種の収量性と稈構成物質の消長. *日作紀* 57: 53-58.
- 高橋肇・中世古公男 1992. 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. *日作紀* 61: 22-27.
- 高橋肇 1994. 乾物分配特性からみた春播コムギの生育相と生産力の評価. *北大農邦文紀要* 19: 1-56.
- 田中明 1975. Source-Sink 関係よりみた多収性の解析-水稻およびトウモロコシについて-. *育種学最近の進歩* 15: 29-39.
- 田谷省三 1993. 暖地における早生コムギ品種の収量性に関する育種学的研究. *九州農試報告* 27: 333-398.
- 豊田正範・楠谷彰人・浅沼興一郎 2003. 温暖地におけるコムギ主茎の葉, 小穂および小花の分化数成立過程のモデル解析. *日作紀* 72: 450-460.

上田一好・岩井俊道・豊田正範・楠谷彰人 2000a. コムギにおける収量の品種間差の発現機構に関する研究－収量構成要素－. 日作四国支報 37: 41-50.

上田一好・岩井俊道・豊田正範・楠谷彰人 2000b. コムギにおける収量の品種間差の発現機構に関する研究－物質生産特性－. 日作四

国支報 37: 51-62.

Zhang, L., Takahashi, T., Shibata, K., Shimauchi, K., Nakagawa, Y., Iiyama, T., Fujimoto, K., Yamaguchi, S. and Matsuzawa, T. 2006. Investigation of yielding ability of wheat cultivars for early-sowing cultivation in Yamaguchi. *Plant Prod. Sci.* 9: 83-89.

Varietal Difference in Yield Structure of Wheat: Fumitaka SHIOTSU^{1, 2)}, Masanori TOYOTA¹⁾ and Akihito KUSUTANI^{1, 3)} (¹⁾*Fac. of Agr., Kagawa Univ., Kagawa 761-0795, Japan;* ²⁾*Ibaraki Univ.;* ³⁾*Tianjin Agr. Univ.*)

Abstract : The differences in source / sink balance and yield formation among 33 Japanese and 17 foreign wheat cultivars bred in different eras were evaluated using individual kernel weight, the number of kernels m⁻² and total dry matter at heading and maturity in a field experiment. The mean individual kernel weight (KW) at maturity of the spike from which two-thirds of spikelets were removed at the heading stage was assumed as an index of the potential maxim kernel weight (PKW). The source / sink balance of cultivars were evaluated by the ratio of KW / PKW which represents the ratio of kernel filling by its sink strength to PKW. The products of total number of kernel (N) and KW were assumed as the yield. The yield formation was evaluated by the increase in total dry matter from heading to maturity (amount of dry matter produced at ripening stage) and the contribution of the dry matter accumulated before heading among the yield. The mean KW / PKW of the domestic cultivars bred after 1980s was higher (0.783) than those bred before 1980s (0.730). Some of the foreign cultivars also had higher KW / PKW (0.751–0.810). The ratio of dry matter accumulated before heading to the yield exceeded 30% in 9 of 21 cultivars bred before 1980s. Some foreign cultivars showed negative KW / PKW, which implied that yield formation depended only on the amount of dry matter produced at the ripening stage. The cultivars used in this study were classified into two groups with KW / PKW higher than 0.741 (I) and lower than 0.741 (II), and also into these groups with a ratio of dry matter accumulated before heading to yield higher than 21.2% (A), 0% to 21.2% (B) and less than 0 % (C).

Key words : High-yielding ability, Translocation, Varietal difference, Wheat, Yield capacity, Yield structure.