

暖地二条オオムギの太陽エネルギー利用効率の品種間差異*

山本 晴彦・本 條 均**・河 田 尚 之***

鈴木 義 則****・早 川 誠 而

(山口大学農学部, **果樹試験場, ***栃木県農業試験場, ****九州大学農学部)

1995年3月27日受理

要 旨: 世界各地で栽培されている二条オオムギ 34 品種・系統を対象に、太陽エネルギー利用効率 (Eu) および子実収量に対するエネルギー利用効率 (Eu grain) の評価を行った。播種日から穂揃い期までの栄養生長期における積算日射量と地上乾物重には、高い正の相関関係 ($r=0.875^{***}$) があった。栄養生長期における Eu は、すべての日本品種で 1.0% 以下であるのに対して、外国品種で Eu が 1.0% 以上を示す品種が Koru, Bomi, Kym, Menuet の 4 品種に認められた。登熟期において Eu が 1.3% 以上の品種は、カワサイゴク (1.303%), 関東二条 19 号 (1.328%), WI-2585 (1.340%) で、それ以外の日本品種は 0.8%~1.2% 前後の値であった。外国品種は、0.7% 以下が 3 品種もみられた。全生育期間を通して Eu が 1.1% 以上の品種は、Keg, Koru, Bomi, 関東二条 19 号の 4 品種であった。Eu grain が 0.40% 以上の品種は、ミホゴールデンデン, カワミズキ, イシュクシラズ, ニシノチカラ, 西海皮 43 号, 羽系 86-107, 羽系 87-39, WI-2727, Bomi, Kym, Ida, Flare の 12 品種であった。

キーワード: 乾物生産, 子実生産, 積算日射量, 太陽エネルギー利用効率, 二条オオムギ。

Cultivar Difference in Efficiency of Solar Energy Utilization in Two-rowed Barley of Warm Regions in Japan: Haruhiko YAMAMOTO, Hitoshi HONJO**, Naoyuki KAWADA***, Yoshinori SUZUKI**** and Seiji HAYAKAWA (*Faculty of Agriculture, Yamaguchi University, Yamaguchi 753, Japan, **Fruit Tree Research Station, Ibaraki 312, Japan, ***Tochigi Agricultural Experiment Station, Tochigi 328, Japan, ****Faculty of Agriculture, Kyushu University, Fukuoka 812-81, Japan*)

Abstract: Cultivar differences of efficiency of solar energy utilization (Eu) and efficiency of solar energy utilization in grain (Eu grain) in two-rowed barley (34 cultivars) were investigated from 1987 to 1988. The relationship between accumulated solar radiation and top dry weight at the vegetative stage from the sowing date to full heading stage was proportional ($r=0.875^{***}$). Eu in Japanese cultivars was less than 1.0%, but Eu of Koru, Bomi, Kym and Menuet in foreign cultivars was higher than 1.0%. Eu of Kawa Saigoku, Kanto Nijo 19 and WI-2585 at the ripening stage were 1.303%, 1.328% and 1.340%, respectively, but other Japanese cultivars were 0.8~1.2%. Eu of Keg, Koru, Bomi and Kanto Nijo 19 at maturity was higher than 1.1%. Eu grain in Miho Golden, Kawamizuki, Ishukushirazu, Nishinochikara, Saikai Kawa 43, Hakei 86-107, Hakei 87-39, WI-2727, Bomi, Kym, Ida and Flare was higher than 0.40%.

Key words: Accumulated solar radiation, Dry matter production, Efficiency of solar energy utilization, Grain production, Two-rowed barley.

地球上で生息するすべての生物の生活に必要なエネルギーは、直接的、間接的に太陽エネルギーに依存している。太陽エネルギーからみた作物生産の増収についての問題点は、太陽エネルギーをいかに有効に作物生産に結びつけるかという点にある⁸⁾。作物の収量は、収穫部位に蓄積された太陽エネルギーの乾物換算値とみなすことができ、太陽エネルギーをいかに効率的に子実生産に結びつけるかが作物の生産性を考える上で重要な課題である。つまり、作物の物質生産過程におけるエネルギー利用の実態について解明することが、作物の生産性を高める上で今後の重要な研究目標であるといえる。

このような視点から、水稻^{1,2,4,7,11,12)}、豆類⁹⁾、牧草^{5,6)}などの作物を対象に太陽エネルギーの利用効率の研究がなされてきた。二条オオムギにおいても本田・神田³⁾が寒冷地において行った研究があるが、暖地における二条オオムギ栽培において太陽エネルギーの利用効率の品種間差異や季節的变化を比較した研究は認められない。

本研究では、暖地における二条オオムギの太陽エネルギー利用効率を解明するため、日本の二条オオムギ新・旧品種および外国品種を供試品種に用いて、栄養生長期および登熟期における太陽エネルギー利用効率の品種間差異について検討した。

* 大要の一部は、第 186 回講演会 (1988 年 10 月) において発表。

** 現在、宇都宮大学農学部。

材料と方法

試験は、1987 年から 1988 年にかけて九州農業試

験場（福岡県筑後市）敷地内の水田圃場で行った。

1. 供試品種と栽培法

供試品種には、第2表に示したように、九州農業試験場で育成された多収品種、ヨーロッパおよびオーストラリアで育成された品種、さらに比較として日本の主要な二条オオムギ品種の計34品種（日本品種：15品種、外国品種：19品種）を用いた。

これらの品種は1987年11月16日に水田試験圃場において、畦幅70cmの畦立栽培とし、中央部に株間10cm、条間10cmの3条千鳥播で1ヶ所に3粒播種した。播種量は1m²当たり129粒である。試験に使用して圃場の面積は、1試験区当たり2.45m²（0.7m×3.5m）で、2反復とした。施肥量は倒伏を避けるためにやや少肥条件とし、化成肥料（N:P:K, 16:16:16）を10g当たり窒素換算で4kgを基肥として施用した。追肥は硫酸を1kgずつ2回に分けて1988年2月4日と3月8日に行った。

2. 生育調査

生育調査は、穂揃い期（穂が80～90%出穂した日）の4月上～中旬、収穫日の5月中～下旬に試験圃場から生育の揃った箇所から0.7m²を採取し、草丈、茎数を測定し、また葉面積を自動葉面積計（林電工社製、AAM-5）で測定した。測定終了後、通風乾燥器により80℃48時間通風乾燥して、部位別の乾物重を測定した。調査は、すべての品種について2反復で行い、平均値で示した。上の調査に加えて、収穫日には、収量構成要素の測定も行った。

なお、気温および日射量のデータは、九州農業試験場気象特性研究室が気象観測露場で行っている気象観測のデータを使用した。

3. 燃焼熱の測定法

穂揃い期および収穫日において、ニシノチカラを対象に生育調査後に部位別に乾燥した試料を粉碎して、乾物1g当たりの燃焼熱（Q; KJ g⁻¹）を測定した。測定は、燃研式自動ボンブ熱量計（島津製作所製、CA-3P）を用いて行った。燃焼熱は、ニシノチカラの測定値をすべての供試品種の燃焼熱とした。

4. 太陽エネルギー利用効率および子実収量に対する太陽エネルギー利用効率の計算法

二条オオムギにおける太陽エネルギー利用効率は、(1)式から求めた。

$$Eu(\%) = \frac{Tdw \times Q}{\Sigma Sr \times 10^3} \times 100 \quad (1)$$

ここで、Eu(%)は太陽エネルギー利用効率、Tdwは地上部乾物重(gm⁻²)、Qは穂揃い期または収穫日

における乾物に含まれるエネルギー量(KJ g⁻¹)、ΣSrは積算日射量(MJ m⁻²)である。

さらに、二条オオムギにおける子実収量に対する太陽エネルギー利用効率は、(2)式から求めた。

$$Eu \text{ grain } (\%) = \frac{Gw \times Q_{\text{grain}}}{\Sigma Sr \times 10^3} \times 100 \quad (2)$$

ここで、Eu grain(%)は子実収量に対する太陽エネルギー利用効率、Gwは子実重(gm⁻²)、Q_{grain}は収穫日における子実に含まれるエネルギー量(KJ g⁻¹)である。

結 果

1. 気象経過

半旬別平均気温と播種日から収穫日までの積算気温の推移を平年値とともに第1図に示した。播種日から出芽日にかけて平均気温はやや高く推移したが、12月に入って平年値よりかなり低く経過した。12月下旬から1月上旬にかけて気温は平年値より高く推移した。2月第2、4半旬、3月上旬、4月第2半旬に低温傾向が認められたが、生育中後期を通じ

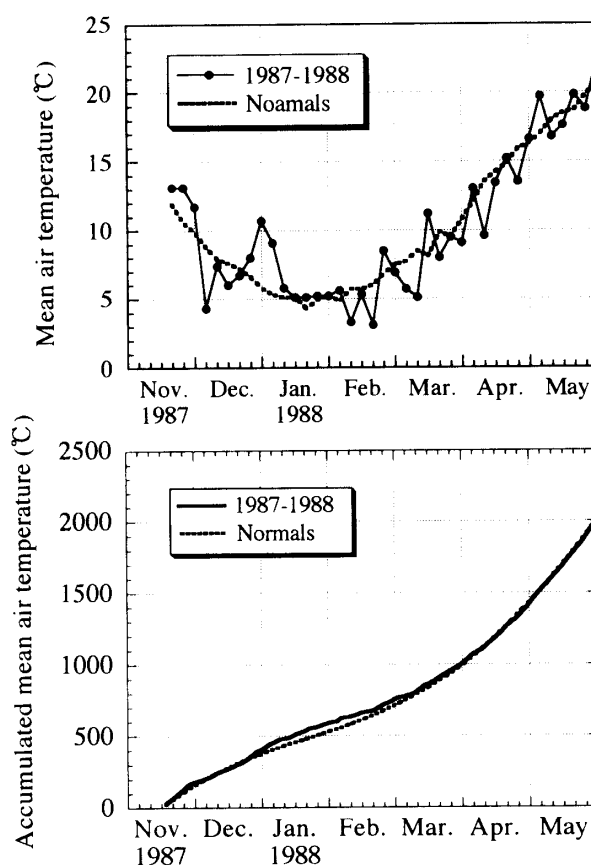


Fig. 1. Changes mean air temperature and accumulated air temperature, as shown in every 5 days.

てほぼ平年並に経過した。生育期間の積算気温は、早生品種(収穫日:5月14日)で1656.6°Cであり、平年値(1669.3°C)とほぼ同程度であった。また、晩生品種(収穫日:5月29日)における積算気温は1957.5°Cで、平年値(1962.0°C)とほぼ等しかった。

半旬別日射量と播種日から収穫日までの積算日射量の推移を平年値とともに第2図に示した。日射量は、11月下旬から12月上旬にかけて平年を下回ったものの、2月に入って平年値よりかなり高い傾向を示した。3月中下旬は低く推移したが、4月の前半は平年値よりかなり高かった。生育期間中の積算日射量は、早生品種(収穫日:5月14日)で2004.36 MJ m⁻²であり、平年値(1983.78 MJ m⁻²)にほぼ等しかった。また、晩生品種(収穫期:5月29日)の積

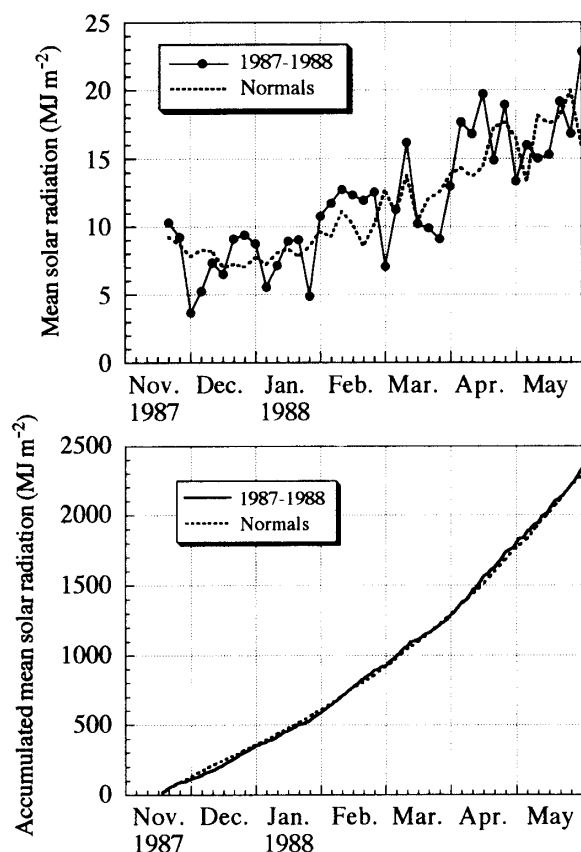


Fig. 2. Changes mean solar radiation and accumulated solar radiation, as shown in every 5 days.

算日射量は2286.19 MJ m⁻²で、平年値(2254.21 MJ m⁻²)にほぼ等しかった。

以上のように、1987年11月から1988年5月までの二条オオムギの生育期間の気象条件は、平年とほぼ同様な傾向であった。

2. 部位別の燃焼熱量

穂揃い期および収穫日におけるニシノチカラの部位別の燃焼熱量を第1表に示した。穂揃い期における燃焼熱は、葉身は17.91 KJ g⁻¹、茎は16.55 KJ g⁻¹、枯死部は15.90 KJ g⁻¹、穂は16.82 KJ g⁻¹、平年値は16.74 KJ g⁻¹であり、葉身部分が他の部位と比較して燃焼熱が高い傾向を示した。収穫日における燃焼熱は、茎は16.16 KJ g⁻¹、枯死部は15.55 KJ g⁻¹、子実は17.07 KJ g⁻¹、平均値は16.56 KJ g⁻¹で、子実が他の部位と比較して燃焼熱が高い傾向を示した。また、子実以外の部位においては穂揃い期に比べて収穫日に燃焼熱が低下する傾向が認められた。穂揃い期および収穫日の部位別重量から、ニシノチカラの燃焼熱の平均値は穂揃い期、収穫日で16.74 KJ g⁻¹、16.56 KJ g⁻¹であった。

3. 栄養生長期の太陽エネルギー利用効率

穂揃い期、生育調査日、播種日から穂揃い期(生育調査日)までの積算日射量(ΣSr , MJ m⁻²)、地上部乾物重(gm⁻²)および栄養生長期の太陽エネルギー利用効率(Eu, %)を第2表に示した。ただし、生育調査日は、穂揃い期より数日遅かったため、穂揃い期の ΣSr およびEuは、生育調査日を基準として計算した。さらに、穂揃い期における地上部乾物重と播種日から穂揃い期までの積算日射量の関係を第3図に示した。

二条オオムギの穂揃い期には供試品種間で大きな違いが認められた。すなわち、西海皮46号の3月30日から、Koral, Rtiumphの4月23日まで品種・系統間にかなりの差があった。とくに、晩生種のニューゴールデン、関東二条19号を除く日本品種・系統群は4月上旬に穂揃い期が集中したのに対して、外国品種群では中生種のWI-2727を除き4月中下旬となった。このため、穂揃い期における積算日射量

Table 1. Heat of combustion (KJ g⁻¹) of Nishinochikara at full heading and at maturity.

	Leaf	Culm and leaf sheath	Dead leaf	Panicle	Average
Full heading (8 Apr. 1988)	17.91	16.55	15.90	16.82	16.74
Maturity (17 May 1988)	—	16.16	15.55	17.07	16.56

は $1345.72 \sim 1784.50 \text{ MJ m}^{-2}$ まで約 440 MJ m^{-2} の差異が認められた。地上部乾物重は、日本品種では $600 \sim 1000 \text{ g m}^{-2}$ で、平均値は $746 \pm 102 \text{ g m}^{-2}$ あっ

たが、外国品種は $800 \sim 1050 \text{ g m}^{-2}$ (平均乾物重; $911 \pm 90 \text{ g m}^{-2}$) と高かった。播種日から穂揃い期までの積算日射量と地上部乾

Table 2. Cultivar difference of date of full heading, date of sampling, accumulated solar radiation, top dry weight at full heading and efficiency for solar energy utilization.

Number	Cultivar	Fhd ¹⁾	Sd ²⁾	$\Sigma\text{Sr}^3)$	Tdw ⁴⁾	Eu ⁵⁾
Japanese cultivar						
1	Asahi 5	4 Apr.	6 Apr.	1386.66	753	0.909
2	Seiyo 17	2 Apr.	4 Apr.	1345.72	709	0.882
3	New Golden	20 Apr.	22 Apr.	1651.31	914	0.927
4	Daisen Gold	9 Apr.	12 Apr.	1476.48	797	0.904
5	Kawa Saigoku	5 Apr.	6 Apr.	1386.66	658	0.794
6	Miho Golden	3 Apr.	6 Apr.	1386.66	706	0.852
7	Kawa Mizuki	7 Apr.	8 Apr.	1402.86	732	0.873
8	Ishukushirazu	2 Apr.	4 Apr.	1345.72	653	0.812
9	Nishinochikara	8 Apr.	8 Apr.	1402.86	796	0.950
10	Saikai Kawa 43	5 Apr.	6 Apr.	1386.66	729	0.880
11	Saikai Kawa 46	30 Mar.	4 Apr.	1345.72	649	0.807
12	Hakei 86-107	9 Apr.	12 Apr.	1476.48	812	0.921
13	Hakei 87-39	7 Apr.	8 Apr.	1402.86	659	0.786
14	Hakei 87-65	3 Apr.	4 Apr.	1345.72	615	0.765
15	Kanto Nijo 19	22 Apr.	26 Apr.	1740.38	1001	0.963
Mean		9 Apr.		1432.18	746	0.868
S.D. ⁶⁾		6 days		111.86	102	0.061
Foreign cultivar						
16	Golden Promise	16 Apr.	19 Apr.	1612.71	801	0.831
17	Keg	18 Apr.	22 Apr.	1651.31	969	0.982
18	Koral	23 Apr.	30 Apr.	1784.50	997	0.935
19	Spartan	22 Apr.	30 Apr.	1784.50	864	0.810
20	WI-2585	14 Apr.	18 Apr.	1591.02	822	0.865
21	WI-2727	9 Apr.	12 Apr.	1476.48	744	0.844
22	Koru	19 Apr.	22 Apr.	1651.31	1007	1.021
23	Bomi	17 Apr.	18 Apr.	1591.02	966	1.016
24	Atem	19 Apr.	21 Apr.	1628.94	833	0.856
25	Kym	18 Apr.	26 Apr.	1740.38	1088	1.047
26	Apex	16 Apr.	21 Apr.	1628.94	898	0.923
27	Ida	17 Apr.	18 Apr.	1591.02	878	0.924
28	Roland	17 Apr.	26 Apr.	1740.38	1035	0.996
29	Havila	17 Apr.	19 Apr.	1612.71	890	0.924
30	Rtiumph	23 Apr.	30 Apr.	1784.50	863	0.810
31	Menuet	18 Apr.	26 Apr.	1740.38	1051	1.011
32	Georgie	16 Apr.	19 Apr.	1612.71	882	0.916
33	Claret	19 Apr.	22 Apr.	1651.31	866	0.878
34	Flare	18 Apr.	21 Apr.	1628.94	858	0.882
Mean		22 Apr.		1658.06	911	0.920
S.D.		5 days		80.65	90	0.074

1) Fhd: Date of full heading.

2) Sd: Date of sampling.

3) ΣSr : Accumulated solar radiation (MJ m^{-2}).

4) Tdw: Top dry weight (g m^{-2}).

5) Eu: Efficiency for solar energy utilization(%).

6) S.D.: Standard deviation.

物重は、高い正の相関関係 ($r=0.875^{***}$) があり、式 (3) で示された。

$$Y1 = 0.749 \times \Sigma Sr1 - 329 \quad (3)$$

ここで、Y1 は穂揃い期における地上部乾物重 ($g\ m^{-2}$)、 $\Sigma Sr1$ は播種日から穂揃い期までの積算日射量 ($MJ\ m^{-2}$) である。

Eu は、すべての日本品種が 1.0% 以下であり平均値は $0.868 \pm 0.061\%$ であった。なお、早生種ではニシノチカラの Eu が 0.950 で最も高く、0.9 以上の品種は、早生種ではアサヒ 5 号、ダイセンゴールド、羽系 86-107 であり、晩生種ではニューゴールデン (0.927%)、関東二条 19 号 (0.963%) であった。また、外国品種では、Eu が 1.0% 以上を示すものは、Koru, Bomi, Kym, Menuet の 4 品種であった。これは、外国品種は晩生種が多く穂揃い期が日本品種より遅いため、4 月中旬の日射量や温度環境が乾物生産に有利に働いたものと考えられる。

4. 登熟期の太陽エネルギー利用効率

登熟期間(穂揃い期から収穫日までの日数)、穂揃い期から収穫日までの積算日射量 (ΣSr , $MJ\ m^{-2}$)、登熟期間における地上部乾物重の増加量 ($g\ m^{-2}$) および太陽エネルギー利用効率 (Eu, %) を第 3 表に示した。さらに、登熟期の地上部乾物重の増加量と穂揃い期から収穫日までの積算日射量の関係を第 4 図に示した。

早生種は、登熟期間が 35~42 日、積算日射量が $600 \sim 700\ MJ\ m^{-2}$ であるのに対して、晩生品種では穂揃い期が遅いために登熟期間が短く積算日射量が少ないものが多く認められた。このため、地上部乾

物重増加量は、早生種の多い日本品種では $400\ g\ m^{-2}$ 前後であったが、外国品種には $200\ g\ m^{-2}$ 前後の品種もかなり認められた。登熟期間すなわち穂揃い期から収穫日までの積算日射量と地上部乾物重の増加量には、高い正の相関関係 ($r=0.754^{***}$) が認められ、両者の関係は式 (4) で示された。

$$Y2 = 1.03 \times \Sigma Sr2 - 257 \quad (4)$$

ここで、Y2 は登熟期間中における地上部乾物重の増加量 ($g\ m^{-2}$)、 $\Sigma Sr2$ は登熟期間中の積算日射量 ($MJ\ m^{-2}$) である。

Eu が 1.3% 以上の品種は、カワサイゴク (1.303%)、関東二条 19 号 (1.328%)、WI-2585 (1.340%) で、それ以外の日本品種は 0.8%~1.2% 前後の値であった。外国品種では、0.7% 以下の品種は Koral, Atem, Menuet の 3 品種であった。

5. 全生育期間における太陽エネルギー利用効率

収穫日、播種日から収穫日までの積算日射量 (ΣSr , $MJ\ m^{-2}$)、収穫日における地上部乾物重 ($g\ m^{-2}$)、子実収量 ($g\ m^{-2}$)、全生育期間における太陽エネルギー利用効率 (Eu, %) および子実収量に対する太陽エネルギー利用効率 (Eu grain, %) を第 4 表に示した。

収穫日は、供試品種、系統間で大きな違いが認められ、ニューゴールデン、ダイセンゴールド、関東二条 19 号を除く日本品種・系統は 5 月中旬が収穫日であったのに対して、外国品種は 5 月下旬であった。このため、全生育期間における積算日射量は、早生種で $2000 \sim 2100\ MJ\ m^{-2}$ 、晩生種は $2200 \sim 2300\ MJ\ m^{-2}$ で、約 $200\ MJ\ m^{-2}$ の差異が認められた。地上部

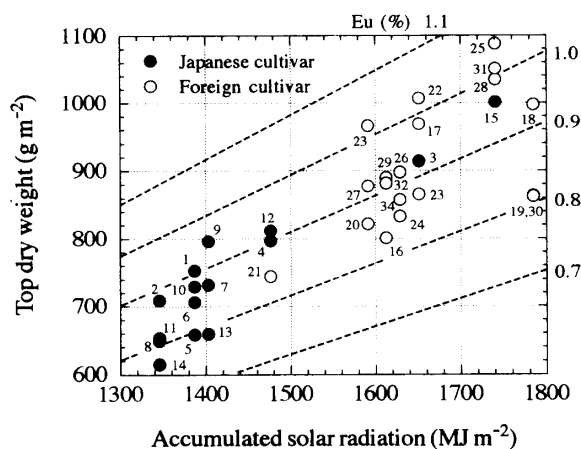


Fig. 3. Relationship between accumulated solar radiation and top dry weight increased at full heading. Symbol numbers are the same as those in Table 2.

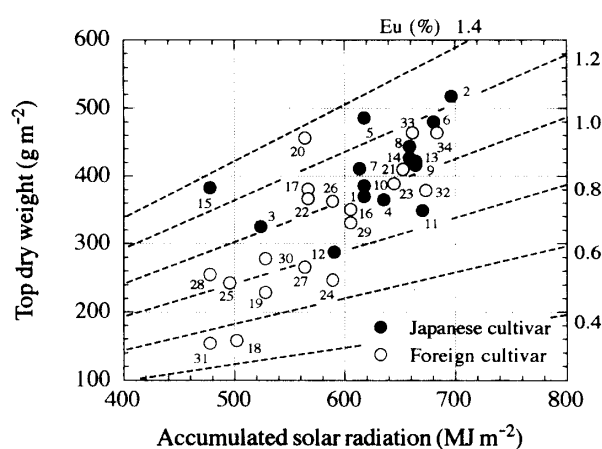


Fig. 4. Relationship between accumulated solar radiation and top dry weight increased in ripening period. Symbol numbers are the same as those in Table 2.

乾物重は、西海皮 46 号の 998 g m^{-2} から関東二条 19 号の 1384 g m^{-2} まで、約 400 g m^{-2} の差異があった。日本品種と外国品種における地上部乾物重の平均値は、それぞれ $1151 \pm 90 \text{ g m}^{-2}$ 、 $1240 \pm 87 \text{ g m}^{-2}$ であった。子実重は、アサヒ 5 号の 410 g m^{-2} から

Flare の 544 g m^{-2} まで品種間でかなり大きな差異が認められた。

収穫日における地上部乾物重と播種日から収穫日までの積算日射量の関係を第 5 図に示した。播種日から収穫日までの積算日射量と地上部乾物重には、

Table 3. Cultivar difference of ripening period, accumulated solar radiation, top dry weight increased at ripening period and efficiency for solar energy utilization.

Number	Cultivar	Rp ¹⁾	ΣSr	Tdw ²⁾	Eu
Japanese cultivar					
1	Asahi 5	38	617.70	370	0.992
2	Seiyo 17	42	696.73	518	1.231
3	New Golden	32	523.51	325	1.028
4	Daisen Gold	38	635.45	365	0.951
5	Kawa Saigoku	38	617.70	486	1.303
6	Miho Golden	41	680.31	480	1.168
7	Kawa Mizuki	37	613.24	411	1.110
8	Ishukushirazu	40	658.64	444	1.116
9	Nishinochikara	39	664.11	416	1.037
10	Saikai Kawa 43	38	617.70	386	0.992
11	Saikai Kawa 46	41	670.38	349	0.862
12	Hakei 86-107	35	590.49	288	0.808
13	Hakei 87-39	39	664.11	422	1.052
14	Hakei 87-65	40	658.64	427	1.074
15	Kanto Nijo 19	30	477.55	383	1.328
Mean		38	625.75	405	1.073
S.D.		3	57.28	60	0.141
Foreign cultivar					
16	Golden Promise	37	617.70	370	0.992
17	Keg	34	566.62	381	1.114
18	Koral	29	501.69	158	0.522
19	Spartan	30	527.93	229	0.718
20	WI-2585	35	563.68	456	1.340
21	WI-2727	39	652.54	410	1.040
22	Koru	34	566.62	367	1.073
23	Bomi	39	644.82	389	0.999
24	Atem	35	588.99	247	0.694
25	Kym	31	495.46	243	0.812
26	Apex	35	588.99	363	1.021
27	Ida	35	563.68	266	0.781
28	Roland	30	477.55	255	0.884
29	Havila	37	605.22	331	0.906
30	Rtiumph	30	527.93	278	0.906
31	Menuet	30	477.55	154	0.534
32	Georgie	40	673.48	379	0.932
33	Claret	39	661.12	464	1.162
34	Flare	40	683.49	464	1.124
Mean		35	577.50	326	0.922
S.D.		4	63.82	94	0.205

1) Rp: Ripening period (days).

2) Tdw: Top dry weight increased at ripening period (g m^{-2}).

ΣSr, Eu and S.D. are the same as Table 2.

穂揃い期のような高い相関関係は認められなかった ($r=0.534^{**}$). 外国品種は Eu が 1.0%以上の品種は Keg, Koru, Bomi の 3 品種, 日本品種では関東二条 19 号のみで, これらはすべて晩生種であった. 太陽エネルギー利用効率の品種間差異は, 穂揃い期と

比較して小さくなる傾向にあった.

つぎに, Eu grain についてみると, 0.4%以上が日本品種ではミホゴールデン, カワミズキ, イシユクシラズ, ニシノチカラ, 西海皮 43 号, 羽系 86-107, 羽系 87-39 の 7 品種, 外国品種では WI-2727,

Table 4. Cultivar difference of date of maturity, accumulated solar radiation, top dry weight at maturity grain weight and efficiency for solar energy utilization.

Number	Cultivar	Md ¹⁾	ΣSr	Tdw	Gw ²⁾	Eu	Eu grain ³⁾
Japanese cultivar							
1	Asahi 5	14 May.	2004.36	1123	410	0.928	0.349
2	Seiyo 17	16 May.	2042.45	1227	469	0.995	0.392
3	New Golden	24 May.	2174.82	1239	437	0.943	0.343
4	Daisen Gold	20 May.	2111.93	1162	481	0.911	0.389
5	Kawa Saigoku	14 May.	2004.36	1144	450	0.945	0.383
6	Miho Golden	17 May.	2066.97	1186	505	0.950	0.417
7	Kawa Mizuki	15 May.	2016.10	1143	489	0.939	0.414
8	Ishukushirazu	14 May.	2004.36	1097	470	0.906	0.400
9	Nishinochikara	17 May.	2066.97	1212	499	0.971	0.412
10	Saikai Kawa 43	14 May.	2004.36	1125	480	0.929	0.409
11	Saikai Kawa 46	15 May.	2016.10	998	420	0.820	0.356
12	Hakei 86-107	17 May.	2066.97	1100	507	0.881	0.419
13	Hakei 87-39	17 May.	2066.92	1081	484	0.866	0.400
14	Hakei 87-65	14 May.	2004.36	1042	444	0.861	0.378
15	Kanto Nijo 19	26 May.	2217.93	1384	494	1.033	0.380
Mean		17 May.	2057.93	1151	469	0.926	0.398
S.D.		4 days	63.56	90	29	0.053	0.024
Foreign cultivar							
16	Golden Promise	26 May.	2217.93	1152	459	0.860	0.353
17	Keg	26 May.	2217.93	1350	487	1.008	0.375
18	Koral	29 May.	2286.19	1155	421	0.837	0.314
19	Spartan	30 May.	2312.43	1093	427	0.783	0.315
20	WI-2585	23 May.	2154.70	1278	481	0.982	0.381
21	WI-2727	31 May.	2129.02	1154	501	0.898	0.402
22	Koru	26 May.	2217.93	1374	501	1.026	0.386
23	Bomi	27 May.	2235.98	1355	534	1.004	0.408
24	Atem	26 May.	2217.93	1130	408	0.844	0.314
25	Kym	27 May.	2235.84	1331	536	0.986	0.409
26	Apex	26 May.	2217.93	1261	493	0.942	0.379
27	Ida	23 May.	2154.70	1144	510	0.879	0.404
28	Roland	26 May.	2217.93	1290	487	0.963	0.375
29	Havila	26 May.	2217.93	1221	480	0.912	0.369
30	Rtiumph	30 May.	2312.43	1155	429	0.827	0.317
31	Menuet	26 May.	2217.93	1205	459	0.900	0.353
32	Georgie	29 May.	2286.19	1261	524	0.913	0.391
33	Claret	30 May.	2312.43	1330	516	0.952	0.381
34	Flare	30 May.	2312.43	1322	544	0.947	0.402
Mean		27 May.	2235.56	1240	484	0.919	0.370
S.D.		3 days	54.13	87	40	0.067	0.032

1) Md: Date of maturity.

2) Gw: Grain weight (g m^{-2}).

3) Eu grain: Efficiency for utilization of solar radiation in grain(%).

ΣSr, Tdw, Eu and S.D. are the same as Table 2.

Bomi, Kym, Ida, Flare の 5 品種であり, Koral と Atem の 0.314% から羽系 86-107 の 0.419% まで品種間で約 0.1% の差異が認められた。

収穫日における Eu と Eu grain の関係を第 6 図に示した。外国の 4 品種 (Koral, Spartan, Atem, Rtiumph) は, Eu, Eu grain とともに著しく低い傾向にあった。外国品種では Eu と Eu grain の間に高い正の相関関係 ($r=0.748^{**}$) が認められ, 中でも Eu が 1.004% の Bomi は Eu grain も 0.408 と高かった。羽系 86-107 は, Eu が 0.881% であったが Eu grain は 0.419% と供試品種の中で最も高い値を示した。日本品種には, Eu と Eu grain との間には強い正の相関関係が認められなかった。

考 察

寒冷地において本田・神田³⁾ はリクゼンムギを用いて二条オオムギの Eu を測定した結果, 10 月から翌年の 4 月上旬までの Eu は 0.2%, 4 月上旬から収穫期までは 1.1~1.4% であり, 全生育期間における Eu は 1.09% であったと報告している。さらに岸田⁴⁾ は, 暖地における水稻の Eu を測定した結果, 全生育期間を通して Eu は 1.15% であったと報告している。本研究で得られた Eu は, 九州農業試験場で 1987 年に育成された新品種のニシノチカラでは 0.971% で, 今までに得られた二条オオムギの Eu とほぼ等しい利用効率であり, 表作の暖地水稻の Eu にも匹敵する高率であった。さらに, 供試した 34 品種の中には, 全生育期間における Eu が 1.0% 以上の品種が関東二条 19 号 (1.033%), Keg (1.008%), Koru

(1.026%), Bomi (1.004%) の 4 品種も認められた。

栄養生長期における日射量に対する乾物重の増加量は, 式 (3) から 1 MJ m^{-2} の日射量で約 0.75 g m^{-2} の乾物重の増加が見込める。本実験を行った九州農業試験場における 4 月の日平均日射量は約 15 MJ m^{-2} であることから, CGR (生長速度) は約 11 g day^{-1} となる。登熟期においては, 式 (4) から 1 MJ m^{-2} の日射量で約 1 g m^{-2} の乾物量の増加が見込め, 5 月の日平均日射量 (約 17 MJ m^{-2}) から計算すると CGR は約 $17 \text{ g m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ となる。以上のことから, 乾物生産には日射量以外の気象要因が影響していることがわかる。気温などの気象要因が乾物生産に及ぼす影響について, 詳細に調査する予定である。

二条オオムギの Eu は, 本研究で供試した 34 品種で, 大きな差異が認められた。とくに, 大部分の外国品種は穂揃い期が日本の早生種と比較して遅く, 栄養生長期後半の 4 月の温度環境および日射環境が好適環境であったことも影響して栄養生長期の Eu は高かった。栄養生長期において外国品種の Eu が日本品種より優れているかどうかを詳細に調査する必要がある。

九州地域における 4 月下旬から 5 月にかけての登熟期間における高温環境下では, 多くの外国品種で CGR が低下しており, Eu も著しく低かった。このことは, 本研究で供試した大部分の外国品種が, 登熟期の高温耐性が低い品種であると考えられる。ただし, WI-2585 のように登熟期に高い Eu を示している品種も認められることから, 供試した外国品種以

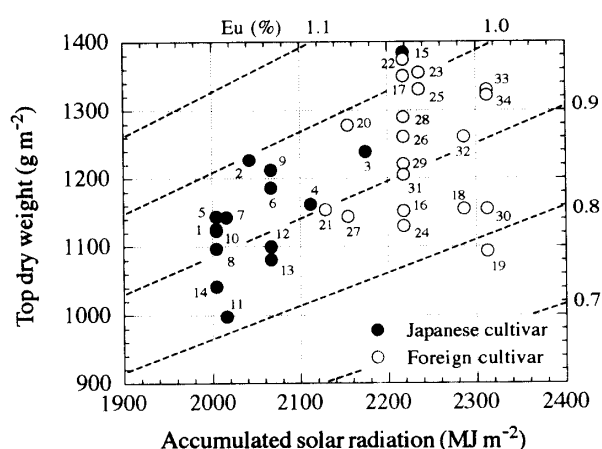


Fig. 5. Relationship between accumulated solar radiation and top dry weight at harvest. Symbol numbers are the same as those in Table 2.

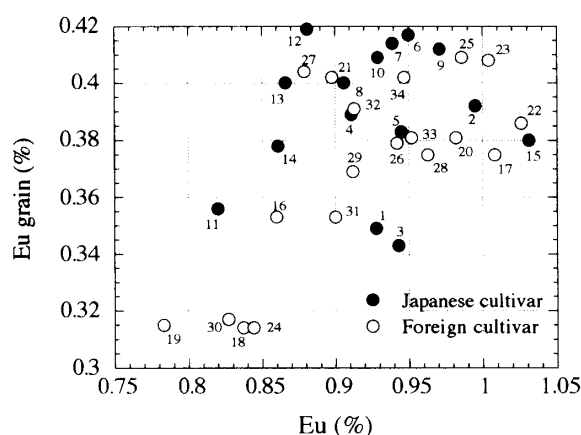


Fig. 6. Relationship between efficiency for solar energy utilization (Eu) and efficiency for solar energy utilization of grain (Eu grain). Symbol numbers are the same as those in Table 2.

外にも多くの有望な品種が存在すると予想される。今後は、高い Eu をもつ品種について、生理生態的な側面について解析を試みることにより、どのようなパラメータが Eu を高めているのかを明らかにして、日本の二条オオムギ系統へ導入する必要があるものと考えられる。さらに、各生育ステージにおける Eu, 二条オオムギ個体群の積算日射吸収量からみた乾物生産能力、すなわち太陽エネルギー転換効率 (Ec: Efficiency for solar energy conversion) について検討する予定である。

謝辞: 本研究の解析には、地域環境計測と防災予知・予測システムを使用した。燃焼熱の測定に関しては、九州農業試験場畜産部環境生理研究室のご指導を頂いた。実験圃場の管理および作物の解体調査は、九州農業試験場松尾八重子技官並びに馬場千津子氏にご協力を頂いた。ここに深く感謝いたします。

引用文献

1. 林 健一 1972. 水稻の日射エネルギー利用効率に関する研究. 農技研報 D23: 1-67.
2. 広田 修・武田友四郎・村田裕治・木場明倫 1978. 数種作物の太陽利用率に関する研究. 第2報 水稻並びに大豆個体群における短波放射と光合成有効放射の利用効率および転換率. 日作紀 47: 133-140.
3. 本田 強・神田巳季男 1984. 耕地 (水田) における短波長放射の利用効率. GEP 計画成果シリーズ III 系 (生産環境) No. 1 生産環境の成立機構の解明. 農業水産技術会議事務局 45-62.
4. 岸田恭允 1973. 耕地の放射エネルギーに関する研究. (I) 緒論および植物群落の波長別放射収支. 九農試報 17: 1-79.
5. 楠谷彰一・杉山修一・後藤寛治 1979. オーチャードグラスの生産性に関する研究. VI. 日射エネルギー利用効率の品種間差異と乾物生産. 日草誌 25: 7-15.
6. 萬田富治・村井 勝・畠中哲也・秋山 侃・塩見正衛・高橋繁男 1984. 飼料作物の生産・利用におけるエネルギーの流れの解明. GEP 計画成果シリーズ I 系 (生産環境) No. 1 生産環境の成立機構の解明. 農業水産技術会議事務局 153-164.
7. 村田吉男・宮坂 昭・棟方 研 1968. 水稻個体群のエネルギー収支の生育に伴う変化について. 日作紀 37: 685-691.
8. Murata, Y. and Y. Togari 1975. Summary of date. In Murata, Y. ed., Crop Productivity and Solar Energy Utilization in Various Climates in Japan. Univ. of Tokyo Press, Tokyo. 9-19.
9. 中世古公男・後藤寛治 1983. 大豆, 小豆, 菜豆の生産生態に関する比較作物学的研究. 第7報 エネルギー吸収量ならびにその乾物生産効率からみた生産力の作物間差異. 日作紀 52: 49-58.
10. 鈴木 守・村田吉男 1975. 圃場における水稻の光合成のエネルギー転換効率の測定. 日作紀 44: 109-113.
11. 鈴木 守・中村公則 1977. 暖地における水稻の乾物生産と気象要因ならびに太陽エネルギー利用効率について. 日作紀 46: 530-536.