

秋播ライコムギ (× *Triticosecale* Wittmack) の収量性に 関する基礎的研究

第2報 乾物生産性と葉群構造のコムギ, ライムギとの比較

義平大樹¹⁾・田原義久¹⁾・唐澤敏彦²⁾
中司啓二²⁾・有原丈二³⁾

Studies on yielding ability of winter triticale (× *Triticosecale* Wittmack)
II. Dry matter production and canopy structure as compared with wheat and rye

Taiki YOSHIHIRA, Yoshihisa TABARU, Toshihiko KARASAWA,
Keiji NAKATSUKA, Jyoji ARIHARA
(Sep. 1996)

緒言

1980年代に育成されたライコムギ品種が、当該地域のコムギ品種よりも乾物収量が高いという数多くの報告¹⁾⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾¹⁴⁾¹⁷⁾がある。北海道においてもポーランドのライコムギ品種が北海道内の基幹品種のチホクコムギよりも多収であること⁴⁾が報告されている。

著者らは、前報¹⁸⁾において、ライコムギとコムギとの間の子実収量の差は、収穫指数よりも成熟期の総重すなわち全体の乾物収量の差の影響が強いことを報告した。

乾物生産性を作物間および品種間で比較するための手法として、生長パラメーターや葉群構造がよく用いられる。わが国においても、イネ、麦類、豆類、牧草の乾物生産過程を生長パラメーターや葉群構造を用いて作物間、品種間で比較検討した数多くの報告²⁾⁵⁾⁶⁾¹⁵⁾がある。ライコムギにおいても、インドにおいて乾物生産過程を生長パラメーターを用いてコムギとの差を比較追究した報告³⁾⁸⁾¹²⁾があるが、厳しい越冬条件をともなう寒冷地での

報告は少ない。

本研究は、寒冷多雪地帯である北海道中央部においても、ライコムギが高い乾物生産能力を示す要因を明かにするための一つの手段として、ライコムギ品種の部位別乾物重および生長パラメーターの推移、乳熟期における葉群構造と上位葉の葉色を調査し、ライムギ、コムギ品種のそれとの違いを検討するためにおこなった。

材料と方法

供試品種、栽植様式、試験場所、肥培管理は、前報¹⁸⁾と同じである。越冬前、起生期、幼穂形成期、出穂期、開花期、乳熟期、成熟期の各生育段階ごとに、部位別乾物重を調査した。部位別乾物重は、地上部は、葉鞘を含む茎、葉身、穂、枯死部に分け、地下部は深さ25 cmまでの土塊をスコップで掘り上げ、高圧洗浄機で水洗して根を回収し、80℃で2日通風乾燥させて、重量を測定した。

乳熟期についてのみ、品種ごとに生育中庸な5個体を並べた写真を撮り、画像解析処理

- 1) 酪農学園大学附属農場作物栽培学研究室
Research Farm (Crop science), Rakuno Gakuen University. Ebetsu, Hokkaido 069, Japan.
- 2) 農林水産省北海道農業試験場
Hokkaido National Agriculture Experiment Station, Hitsujigaoka, Sapporo, Hokkaido 062 Japan.
- 3) 農林水産省農業研究センター (305 茨城県筑波市観音台)
National Agriculture Research center, Tsukuba 305, Japan.

して、草高 10 cm ごとの葉面積指数の分布を求めた。同時に照度計により相対照度と吸光係数を求めた。また、生育中庸な 10 個体の正葉と上位第二葉の葉先、葉の中央部、葉の基部の葉色を葉緑素計(ミノルタ製-502)を用いて測定し、平均して葉色の濃さを表わす指標とした。

結 果

1. 部位別乾物重

部位別乾物重の推移を図1に示した。全乾物重は、ライムギ、ライコムギがコムギに比べて、生育を通じて大きく推移した。ライムギはコムギに比べて、全乾物重の増加が出穂期から開花期にかけて、一時的に停滞する期間(以下、Lag Phase)が顕著にみられた。

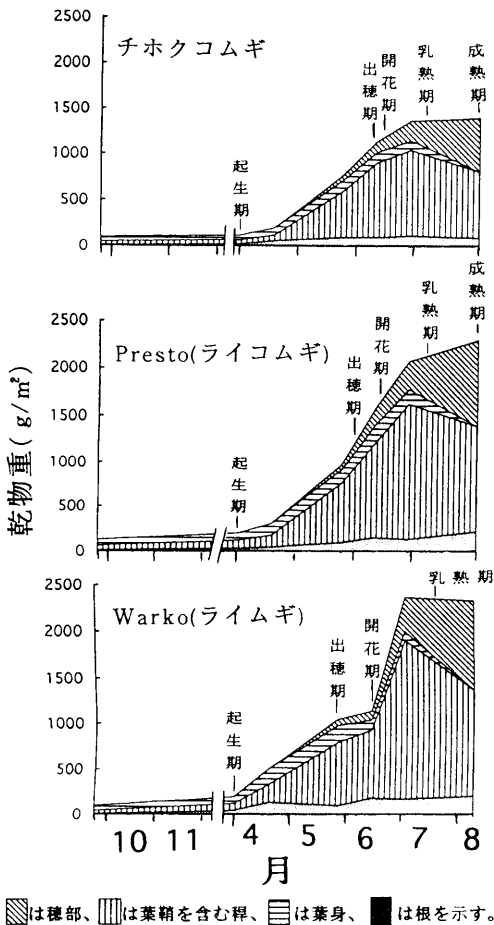


図1 部位別乾物重の推移

部位別にみると、葉鞘を含む稈と穂部の乾物重は、ライムギ、ライコムギが、コムギに比べて、生育を通じて大きく推移した。

根重は、コムギは出穂期から開花期にかけて最大となり、その後減少するが、ライムギ、ライコムギでは出穂期以降も維持または増加する傾向にあった。

根乾物重と地上部乾物重の比(以下、R/T比)を図2に示した。R/T比は地上部乾物重に対する相対的な根重の割合をあらわすが、コムギでは生育にともない減少の一途をたどるのに対し、ライムギでは出穂期から開花期にかけて増加し、ライコムギでは開花以降、成熟期まで増加した。

2. 乾物分配率

表1に乾物分配率(部位別乾物重増加量/全乾物重増加量,%)の推移を示した。乾物分配率は、ある一定期間に光合成によりできた炭酸同化産物がどの器官を形成するのに使われたかを割合で示すものである。

幼穂形成期から出穂期にかけての期間は、いずれのの作物も光合成産物の60%以上を葉鞘を含む稈とへ分配した。この時期の葉鞘

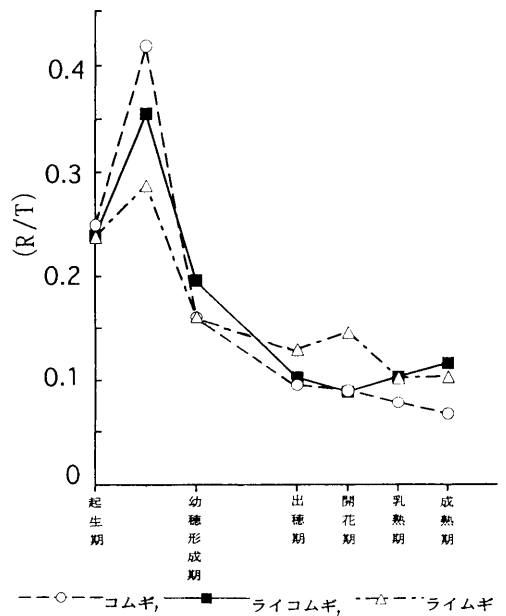


図2 根乾物重/地上部乾物重 (R/T) 比の推移 (3品種平均)

表1 各作物（3品種平均）の乾物分配率

(各器官の乾物重増加量/全乾物重増加量,%)

作物名	幼穂形成期～出穂期				出穂期～成熟期			
	葉鞘を含む稈	葉身	穂	根	葉鞘を含む稈	葉身	穂	根
コムギ	66.0	6.0	13.2	4.8	17.8	-23.9	105.0	1.1
ライコムギ	78.4	6.4	6.8	8.4	40.0	-12.6	64.2	8.0
ライムギ	94.5	-3.3	11.4	-2.6	39.2	-13.5	65.8	9.1
作物間差異	*	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.

*は水準5%で有意差あり, N.S.は有意差がないことを示す。

を含む稈への乾物分配率は、ライムギが最も大きく、ライコムギ、コムギに比べて有意に高く94.5%を示した。出穂期から成熟期にかけての期間は、穂への分配率はコムギが、根への分配率はライコムギ、ライムギが他にもくらべて高い傾向にあったが、有異なる差異は認められなかった。

3. 生長パラメーター

図3に個体群生長速度 (CGR) と純同化率 (NAR) の推移を示した。コムギのCGRは、ライムギに比べて起生期から穂ばらみ期にかけて低く推移し、10 g/day前後であるが、開花期に50 g/dayまで高くなり、それ以後に下降する。これに対し、ライムギのCGRは、生育初期に高い生長速度(約20~25 g/day)を維持するが、出穂期から開花期にかけて約5 g/dayまで急減し、それ以降再び増加した。

ライコムギのCGRは、コムギ、ライムギに比べて、生育期間を通じて平均的に推移し、コムギとライムギの間で、コムギに類似した推移を示した。

NARは、葉と葉鞘、穂部を含む単位緑色面積の増加量当りの全乾物の増加量を表わし、群落全体のみかけの光合成量を推定する指標となるものである⁵⁾。生育初期には、ライムギが、ライコムギ、コムギを大きく上回ったが、出穂期から開花期にかけては、CGRと同様に、Lag Phaseが存在した。

コムギは、ライムギに比べてNARの変動は小さかった。ライコムギは、栄養生長期にはコムギよりやや大きく推移し、生殖生長期には、コムギよりやや低く推移した。全体と

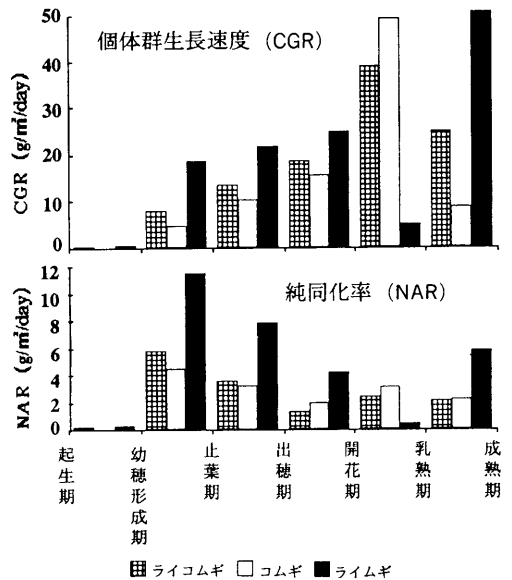


図3 生長パラメーターの推移

して、おおむねコムギの推移に類似した。

4. 草丈および節間長

図4に出穂期以前は草丈、出穂期以降は稈長と穂長を合計した数値(以下、稈長+穂長)の推移を示した。成熟期の稈長+穂長は、ライムギ(161 cm) > ライコムギ(123 cm) > コムギ(94 cm)の順で高かった。また、成熟期の稈長+穂長のうち出穂期以降に伸長する割合は、ライムギ、ライコムギ、コムギの順で高かった。図5に成熟期における節間長を示した。穂首節を含めた地上部のライムギの節数(6節)は、ライコムギ、コムギ(5節)に比べて一節多かった。

成熟期の稈長は、ライムギ > ライコムギ >

コムギの順で高かった。ライムギとライコムギの稈長の差は、ライムギの節数がライコムギに比べて一節多いことに、また、ライコムギとコムギの稈長の差は、ライコムギの上位節間長がコムギに比べて長いことに起因した。

5. 乳熟期の葉群構造

図6に、葉群構造を各作物3品種平均の草高10 cm ごとの葉面積指数の分布で表した。乳熟期の群落全体のLAIは、3品種平均でライコムギが3.50、コムギが2.63、ライムギが2.86と、ライコムギが最も高かった。

コムギは、止葉の面積が上位第2葉に比べ大きく、下位葉の枯れ上がりが激しい。このため、止葉の分布する草高90 cm から60 cm

のLAIが高く(10 cm 当り0.57以上)、30 cm 以下の下層部で小さかった(10 cm 当りは0.02以下)。したがって、葉群構造は、葉の分布が上層部に偏って分布し、下層部は少ない逆三角形に近い形を呈した。

これに対して、ライムギは、乳熟期は上位第2、3葉の葉面積が止葉に比べて大きく、上位第3葉の枯死がコムギほど進んでいないので、上位第2葉の分布する60~80 cm を中心に、草高に対して紡錘型の葉群構造を呈した。

ライコムギは、ライムギと同様に、上位第2,3葉の面積が止葉よりやや大きく、コムギほどではないが下位葉からの枯れ上がりもある程度みられた。このため、上層部はライムギに、下層部はコムギに類似する傾向にあり、上位第2葉が分布する草高50 cm から70 cm を中心としたライムギよりも短い紡錘形を呈した。草高50 cm から70 cm の草高10 cm 当りのLAIは0.7近くに達した。

吸光係数は、植物群落内の群落上面から下層部への日光の透過のしやすさを示し、この値が大きいほど下位葉に光の当りにくいことを示す⁵⁾。3品種平均の吸光係数は、コムギが1.13、ライコムギが1.00、ライムギが0.89と、コムギが最も高かった。ライムギがコムギに比べて、光の利用効率が良い受光体勢をしており、ライコムギはその中間であった。

6. 乳熟期における上位葉の葉色の比較

止葉と上位第2葉の葉色(SPAD値)を表2に示した。止葉の葉色は水準1%で、第2葉の葉色は水準5%で、有意差が認められ、ライコムギの止葉、第2葉は、ライムギ、コムギに比べて葉色が濃かった。

葉位間の差異をみると、コムギとライコムギは、止葉の葉色が第2葉よりも濃く、1%水準の有意な差異が認められた。しかし、ライムギは、第2葉の葉色が止葉よりも濃く、5%水準の有意差が認められた。

考 察

成熟期におけるライコムギ・ライムギとコムギとの乾物収量の差は、幼穂形成期から開

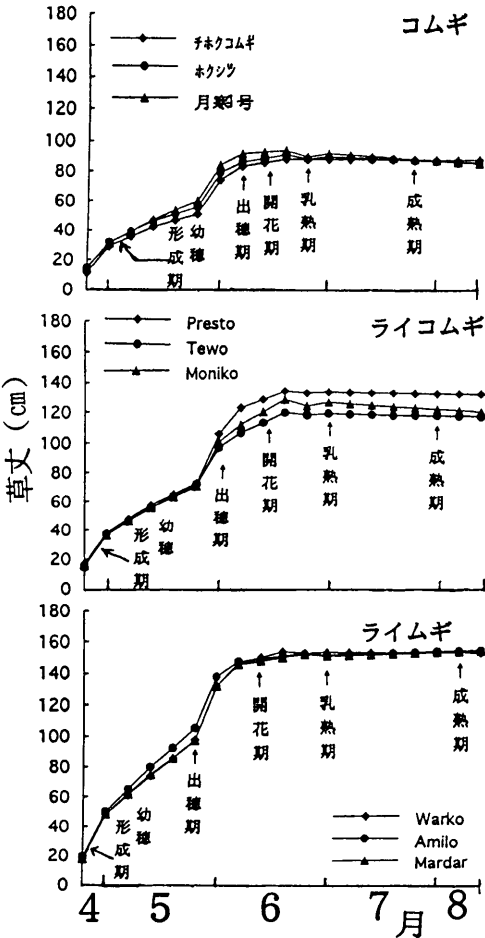


図4 草丈の推移
出穂期以降は稈長と穂長の合計を示す。

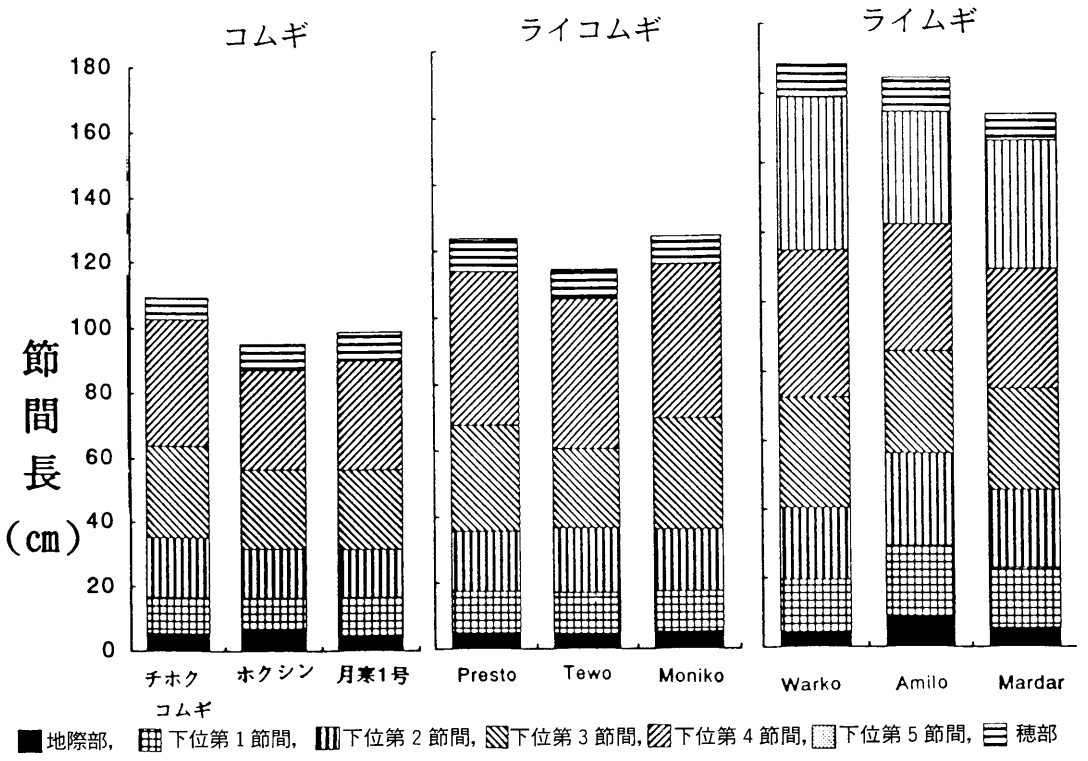


図5 成熟期における節間長

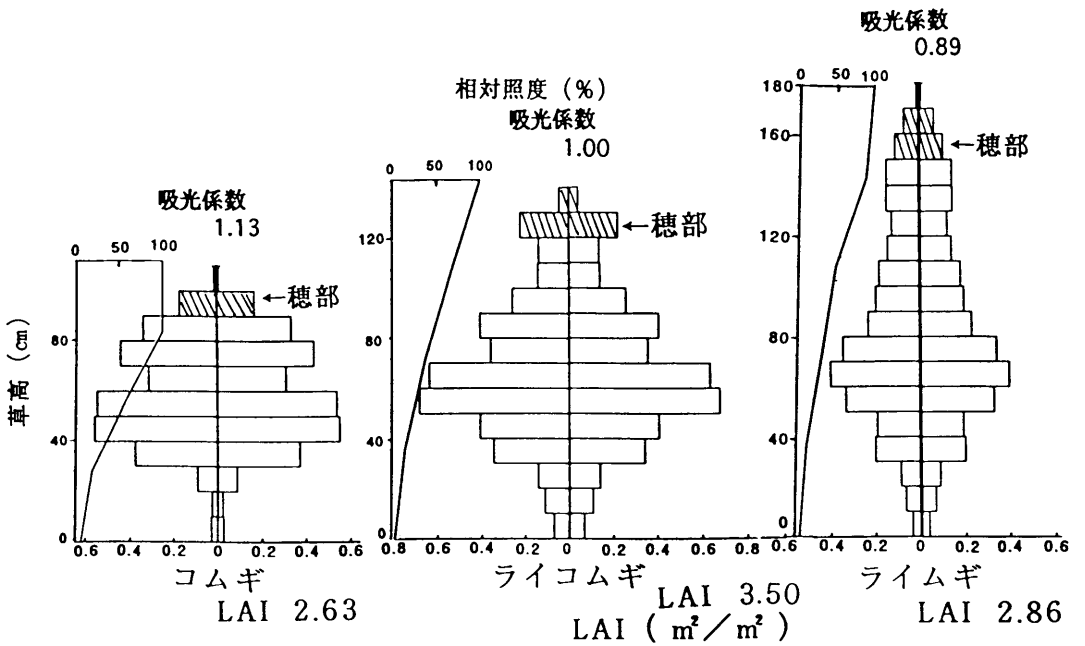


図6 乳熟期の葉群構造 (3品種平均)

表2 乳熟期における上位葉の葉色（葉緑素計測定値）

	止葉	第二葉	葉位間差異
	チホクコムギ	31.3	24.1
	ホクシン	34.6	29.1
コムギ	月寒1号	35.6	29.0
	平均	33.8	27.4
	品種間差異	N.S.	N.S.
	presto	42.0	36.0
	Tewo	42.6	33.6
ライコムギ	Moniko	38.0	33.9
	平均	40.9	34.5
	品種間差異	N.S.	N.S.
	Warko	22.5	27.5
	Amilo	29.6	32.1
ライムギ	Mardar	23.3	28.9
	平均	25.1	29.5
	品種間差異	N.S.	*
	作物間差異	**	*

*, **はそれぞれ1%, 5%水準で有意であることを示し, N.S.は有意差がないことを示す。

花期までの個体群生長速度の差によってもたらされたと考えられる。また、出穂期までのライコムギの乾物重は、ライムギに比べて小さく推移するが、ライムギの全乾物重の増加速度が開花期から乳熟期にかけて停滞するため、ライコムギとライムギの乳熟期以降の全乾物重は、おおむね等しく推移した。

乳熟期における葉群構造と上位葉の葉色から判断すると、コムギ、ライコムギは下位葉から上位葉に向かって老化が進むのに対して、ライムギは上位第2葉の活性が最も高く、止葉は上位第2葉よりも先に、老化することが示唆された。コムギ、ライコムギの止葉の葉面積指数および葉積は、子実収量との間に正の相関が認められるとする報告⁸⁾¹¹⁾¹³⁾が多数なされている。しかし、ライムギの子実収量への貢献度は、止葉よりも上位第2葉の方が高いことが推察される。

水稻において、大川ら⁶⁾は、短稈穂数型の日本の多収品種と長稈穂重型の台湾の多収品種を比較し、長稈穂重型品種は空間的な葉面積密度が低く、受光体勢、光合成時のガス拡散において短稈穂数型品種よりも有利であることを報告している。ライムギ、ライコムギは、コムギに比べて長稈穂重型であり⁴⁾¹⁸⁾、吸光係

数もライムギ<ライコムギ<コムギの順で小さいことから、ライムギ、ライコムギの受光体勢、光合成時のガス拡散はコムギよりも、有利であることが予想される。

ライムギのCGR、NARはコムギ、ライコムギに比べて、開花期から乳熟期にかけて著しく低下した。このライムギの乾物重の増加のLag Phaseが作物学的に何を意味するのかは明らかではない。一般に、被子植物は、減数分裂期から開花、受精時には環境に左右されやすく、また多くの同化産物が必要であることがよく知られている¹⁶⁾。本試験におけるライムギの一穂粒数は、ライコムギに比べて30%以上、コムギに比べて50%以上多く¹⁸⁾、多数の穎花を分化させる必要があり、これらの生殖器官への光合成産物の分配が一時的に盛んに行われるため、Lag Phaseが存在することも予想される。

ライコムギ、ライムギは、コムギに比べ、生殖生長期に入っても、一時的に根重が増加する傾向がみられた。出穂期から乳熟期にかけて地際から刈り取った場合、ライコムギ、ライムギの再生する地上部乾物重はコムギよりも大きいとされる⁷⁾ことから、ライコムギ、ライムギは、コムギに比べて冠部の貯蔵炭水

化物量が多いことも推察される。ライコムギ、ライムギの生殖生長期間の根の衰退がコムギに比べて遅い適応戦略上の意味を検討する必要がある。

要 約

近年、ポーランド育成のライコムギ品種が高いバイオマスを示す要因を解明するための一手段として、ライコムギ品種の部位別乾物重および生長パラメーターの推移、乳熟期における葉群構造と上位葉の葉色を調査し、ポーランド育成のライムギ品種、道内育成のコムギ品種との違いを検討した。ライコムギ3品種（Presto, Tewo, Moniko）、ライムギ3品種（Warko, Amilo, Mardar）およびコムギ2品種（チホクコムギ, ホクシン）および1系統（月寒1号）を3反復乱塊法の試験配置で供試した。ライムギ、ライコムギの全乾物重、葉鞘を含む稈部、葉部および根部の乾物重はともに生育期間を通じて大きく推移した。また、ライコムギ、ライムギの根重は生殖生長期以降にも増加する傾向があった。乾物分配率は、栄養生長期の稈部への分配率がライムギが他に比べ有意に高かった。ライムギの個体群生長速度（CGR）は、生育初期にはコムギに比べ高く推移するが、開花期から乳熟初期にかけて停滞する期間（Lag Phase）がみられ、乳熟期以降再び高くなった。ライコムギのCGRの推移はライムギとコムギの間でよりコムギに近い推移を示した。

コムギは、ライムギに比べて下位葉の老化がはやく、乳熟期におけるコムギの葉群構造は逆三角形に近い型を呈するのに対して、ライムギは、止葉が上位第2葉よりも小さく、葉色からみても上位第2葉の老化が遅いため、ライムギの葉群構造は細長い紡錘状を呈した。ライコムギの葉群構造は、上層部はライムギに、下層部はコムギに類似する傾向を示し、ライムギよりも短い紡錘状を呈した。乳熟期における吸光係数は、ライムギ0.89、ライコムギ1.00、コムギ1.13と、乳熟期における受光態勢は、ライムギ、ライコムギ、コ

ムギの順で有利であると考えられた。

謝 辞

本実験は、1995年度酪農学園大学共同研究の助成を受けたものである。なお、圃場管理にあたっては北海道農業試験場技術職員の方々に多大な御協力を頂いた。またサンプリングにあたっては、酪農学科作物栽培学研究室の学生諸君の御協力を頂いた。記して謝意を表する。

引用文献

- 1) Andrews, A. C. et al (1991) Evaluation of new cultivars of triticale as dual-purpose forage and grain crops Aust. Exp. Agric. 31: 769-775.
- 2) 楠谷彰人, 中世古公男, 後藤寛治(1979) イネ科牧草の群落構造と乾物生産特性 日作紀 46: 204-211.
- 3) Lal, Pyare., G. G. Reddy and M. S. Modi (1983) Accumulation and redistribution pattern of dry matter and N in triticale and wheat varieties under water stress condition. Agron. J, Vol. 70: 623-626.
- 4) 水落勁美 (1993) 北海道におけるライコムギの収量性—コムギおよびライムギとの比較—日土肥学会講要 39: 233.
- 5) 中世古公男ら (1985) 植物生産物の測定 作物生理実験法 244-249 農業技術協会.
- 6) 大川泰一郎 (1996) 日作紀 65 (別1): 300-303.
- 7) Poysa, V. H., (1985) Effect of forage harvest on grain yield and agronomic performance of triticale, wheat, and rye. Can. J. Plant Sci. 65, 879-888.
- 8) Reddy, G. G. and Pyare Lal (1976) Physiological analysis of yield variation in triticale and wheat varieties under unirrigated condition Indian J. Pl. Physiol. 19 (2): 154-163.
- 9) Reddy, V. R. K. and J. R. Bahl (1990)

- Development of improved triticales and wheats through triticale×wheat crossing. Crop res. 3 (1).
- 10) Robin D. Graham, P. E. Geytenbeek and B. C. Radcliffe (1983) Responses of triticale, wheat, rye and barley to nitrogen fertilizer. Aust. Exp. Agric. Anim, Husb. 23: 73-79.
- 11) Sandra, G. S., B. D. Sharma, K. S. Gill and G. S. Dhindsa (1987) Studies on determining the contribution of different characters to grain yield in Triticale. Proceeding of second international triticale symposium: 93-97.
- 12) Sharma, B. D., G. S. Sandra, K. S. Gill and G. S. Dhindsa (1987) Physiological and Morphological Determinants of Grain yield at different stages of plant growth in triticale Proceeding of second international triticale symposium: 98-104.
- 13) 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 第57号.
- 14) Sweeney, G., R. S. Jessop and H. Harris (1992) Yield and yield structure of triticale compared with wheat in northern New South Wales Aust. Exp. Agric. 32: 447-53.
- 15) 丹野久・中世古公男・後藤寛治 (1981) 春播ムギ類の生産生態に関する比較作物学的研究 第2報 群落構造と形態形質との関係 第13巻第3号 北海道大学農学部邦文紀要 324-329.
- 16) 戸刈義次 (1953) 作物のはなし 141-145 家の光協会.
- 17) Wolski, T. (1987) Winter triticale breeding Proceeding of second international triticale symposium: 41-48.
- 18) 義平大樹・田原義久・唐澤敏彦・中司啓二・有原史二 (1996) 北海道における秋播ライコムギの収量性に関する基礎的研究 第1報 収量および収量関連形質のコムギ, ライムギとの比較 酪農学園大学紀要 自然科学編 第2巻2号.

Summary

A field experiment was conducted on Gleyic Cumulic Andosols in 1994-95 season at Hitsujigaoka, Sapporo to examine variation among triticale (*Triticosecale* Wittmack), wheat and rye varieties in dry matter production and distribution, growth parameters, canopy structure and leaf color at milk-ripe stage. Treatments including varieties of Polish triticale (cvs. Presto, Tewo, Moniko), Hokkaido wheat (cvs. Chihokukomugi, Hokushin, Tsukisamu No.1) and Polish rye (cvs. Warko, Amilo, Mardar) were arranged in a randomized block design and replicated thrice. During the entire growth period, the dry weight of culm and roots was higher in triticale and rye than in wheat varieties. During the early vegetative phase, the dry weight of culm including leaf sheath was more in rye varieties than in others.

The dry weight of roots in triticale and rye increased later, especially during early reproductive growth. Crop growth rate (CGR) during early vegetative growth was higher in rye than in wheat varieties. However, CGR in rye varieties decreased from anthesis to early milk-ripe stage. No such lag phase was found in wheat varieties. The pattern of CGR changes in triticale were more similar to those in wheat than in rye. Canopy shape in wheat was inversely triangular because of the rapid onset of senescence in the lower leaves. In contrast, canopy shape in rye was like a long spindle because its flag leaf was smaller in area and senesced earlier than the upper 2nd leaf. The upper canopy structure at milk-ripe stage in triticale was similar to that in rye while the lower canopy structure was similar to that in

wheat. The mean light extinction coefficients of wheat, triticale and rye canopies at milk-ripe stage were 1.13, 1.00, and 0.89 respectively, indicating a higher light interception in rye than in triticale and wheat.