

研究論文

栽培

ミャンマーの水稲品種 Manaw Thu Kha の 移植後初・中期の生育と乾物生産特性

Aye Aye Han・江原宏・安川三和・梅崎輝尚・長屋祐一・森田脩

(三重大学生物資源学部)

要旨：ミャンマーの主要な高収量品種 Manaw Thu Kha (MTK) の移植後の初期から中期における生育と乾物生産特性の解明を目的として、比較品種に日本のコシヒカリ (KH) と日本晴 (NB) を用い、2002 年～2004 年に春季と夏季の年 2 回ずつポット栽培を行った。MTK の生育は KH, NB に比べて出葉が早く、茎数が多く、葉面積が大きい傾向が見られた。出葉速度の差は夏季よりも春季に顕著で、移植後 30 日目には MTK の主稈葉数は KH, NB よりも 1 枚以上多くなった。茎数は 2004 年には春季、夏季とも日本品種のおよそ 2 倍に達した。MTK の乾物重は KH, NB に比べると春季は同程度か小さい傾向にあったが、夏季では大きく、特に高温の 2004 年は春季、夏季とも大きかった。また、MTK は KH, NB に比べて葉面積当り窒素含有量 (NCLA) が常に低く、その差も大きかった。生長パラメータについて見ると、MTK の相対生長率 (RGR) は春季では KH, NB と同程度かやや小さく、夏季では同程度かやや大きかった。純同化率 (NAR) は春季、夏季とも KH, NB より小さい傾向が見られた。一方、葉面積比 (LAR), 比葉面積 (SLA) は年、春季、夏季を通して MTK が常に大きかった。また、NAR と NCLA の間には正の、NCLA と SLA には負の相関関係が認められたが、MTK は KH, NB に比べて NAR が小さい夏季でも RGR が比較的大きかったことから、MTK は葉身が薄化して NAR が低くても LAR がそれを補うほどに拡大して乾物生産を維持していた。以上から、移植後初期から中期にかけての MTK の生育は日本品種に比べて出葉が早く、分げつの発生が旺盛で、葉身の薄化によって葉面積の拡大を図り、乾物生産を LAR に依存していることが特徴であった。

キーワード：乾物生産、初・中期の生育、水稲、生長解析、日本品種、ミャンマー品種。

Manaw Thu Kha (MTK) はミャンマーの主要な高収量品種のひとつであるが、目標収量の 100 バスケット / ha (5 t / ha) が得られることは稀で、多くの場合低収量でかつ変動が大きい。そこで、MTK の安定的増収の検討に向け、3 年間にわたって三重大学内実験水田においてミャンマーと日本の施肥法で MTK とコシヒカリ、日本晴の栽培試験を行った。その結果、3 年とも収量構成要素から算出した MTK の籾収量は 500 kg / 10a 以上が得られ、MTK はミャンマーにおける目標収量を達成する可能性を持っていることが確認された (Aye ら 2005)。一方この実験で、MTK は日本品種に比べて生育の初期段階から葉色の黄化が速いことや窒素追肥後に分げつが急増すること、出穂期間が長いこと、出穂期の群落構造が悪いことなど、MTK の特徴の一端が明らかになった。これらは光合成速度や乾物生産量、あるいは収量性に直接影響を与える要因になっているものと考えられた。ミャンマーで MTK を供試した最近の実験結果 (Si Si Myint ら 2002, Thein Win ら 2002, Tun Winn ら 2002) を見ると、栽植密度・施肥量などの栽培条件と収量あるいは収量構成要素の関係についてはデータが示されている。しかし、生育期間を通した形態形質の追跡や葉色の変化など簡便に稲体の生育や栄養状態を知ることのできる

データや記述は見られず、MTK の生育や収量性に係る生理生態的な研究はほとんど行われていないものと推察され、MTK の作物学的特性に関しては未解明の部分が多いものと考えられる。

イネ品種の生育・収量特性を解明する方法の一つとして乾物生産面からの解析がある。これまでに、多収性品種やハイブリッド品種、日印交雑・インド型品種、*Oryza glaberrima* (翁ら 1982a, 翁ら 1982b, 蔣ら 1988, 窪田ら 1988, 斎藤ら 1990, 宋ら 1990, Miah ら 1996) を用いた出穂期の乾物生産と収量性との関係、肥料濃度と初期の乾物生産性 (江原ら 1990, 窪田ら 1992) など、生育初期から成熟期までの種々のイネ品種あるいは品種群の乾物生産特性が明らかにされ、新品種の育成や栽培技術の改良に活用されている。しかしながら、イネの生育初期における乾物生産を、生長解析によってパラメータ相互の関係から検討した研究はそれほど多くなく (長田・村田 1965, 江原ら 1990)、特に熱帯で栽培されている特異的品種については、極めて限られた情報しかない。これらのことから MTK の乾物生産特性を明らかにすることは、現状では低くかつ不安定な MTK の収量を改善する栽培技術の確立に有効な方法と考えられる。

そこで本実験では、まず生育初期における MTK の生育と乾物生産特性を明らかにすることを目的として、比較品種に日本品種を用いて、日本の田植期にあたる春季とミャンマーの田植期の気温に近い夏季に、それぞれポットによる土耕栽培を行い、個体の形態形質と乾物生産量を詳細に調査し、生長解析により日本品種との違いを比較検討した。

材料と方法

実験 1. 春季実験

実験は2002年から2004年までの3年間、三重大学生物資源学部実験圃場内で行った。供試品種には、ミャンマーにおいて代表的高収量品種とされるManaw Thu Kha (MTK 日印交雑品種、多けつ型)と、比較品種として日本のコシヒカリ (KH, 中間型)と日本晴 (NB, 偏穂数型)の3品種を用いた。種籾は、ベノミル水和剤 (商品名: ベンレート水和剤) で24時間消毒した後、水道水に浸種した。播種は、毎年4月9日に水稻用育苗箱にペーパーポット (126穴、3×3×3cm) を入れ、市販の粒状育苗培土 (N: P₂O₅: K₂O=6g: 8g: 6g/20kg) を1箱当たり3.5kg充填し、各品種ともハトムネ状態の種籾を1穴に3粒ずつ播種し、同じ育苗培土1kgを約1cmの厚さで覆土した。播種後、無加温のガラス室内で25日間育苗した。苗は移植3日前にガラス室の外に出して外部環境に慣らした。

栽培には、20 mm 目の篩を通した実験圃場内の水田土壌（黄色土）4 kg に化成肥料（N:P₂O₅:K₂O=12:18:14）6 g を基肥として混和して充填した 1/5000a ワグナーポットを用いた。各品種とも 5 葉期（2002, 2004 年は 5 月 7 日, 2003 年は 5 月 8 日）に 1 ポット 1 個体ずつ移植し、屋外で栽培した。移植時に 10 個体、移植後 10, 20, 30 日目に 6 個体ずつサンプリングし、根部を水洗した後、個体別に草丈、葉齢、茎数、葉面積を測定した。葉面積の測定には自動面積計（林電工, AAM-9 型）を用いた。その後、70℃で 24 時間以上通風乾燥し、葉身、葉鞘、根に分けて乾物重を測定した。

部位別乾物重, 葉面積の測定値を基に, 生長解析法によって相対生長率 (RGR), 純同化率 (NAR), 葉面積比 (LAR), 葉重比 (LWR), 比葉面積 (SLA) を求めた. さらに, 葉身についてはセミ・ミクロケルダール法によって全窒素含有率を測定し, 葉身乾物重当り窒素含有量 (NCLW: nitrogen content in leaf dry weight basis) とし, この値を

SLA で除して葉面積当り窒素含有量 (NCLA: nitrogen content per unit leaf area) を求めた。なお、窒素分析は各サンプリング時の葉身試料を粉碎混合し、3 連で行い、NCLA の算出に当たって SLA は 6 個体の平均値を用いた。

實驗 2. 夏季實驗

供試品種、種籾の準備、育苗、ポット栽培の方法などは春季実験に準じた。2002、2003 年は 6 月 26 日、2004 年 6 月 25 日に播種し、5 葉期を目処に、3 年とも 7 月 12 日に移植した。サンプリングは移植時と、移植後 7、14、21 日に行った。調査項目および方法は春季栽培と同様とした。なお、夏季の実験期間を 21 日間としたのは、2001 年に行った同時期の予備実験から、30 日間生育させると、根部の生長がポットの容量によって制限を受けることと、20 日間ほどで春季の 30 日間と同程度以上の生育が得られると判断したためである。

結 果

ポットへ移植後の春季実験（以後春季と略）30日間、夏季実験（夏季）21日間の日平均気温と日照時間の平均値および平年値（1971年から2000年まで30年間の平均値）を第1表に示した。春季は19.2~20.5℃、夏季が24.4~29.1℃で、夏季の方が5.2~8.6℃高かった。実験年の間では、春季は2003年が2002、2004年より0.8~1.3℃低く、夏季は2003年の24.4℃（Ⅰ~Ⅲ期の平均）に対し、2002、2004年は4.2℃、4.7℃とそれぞれ高く、気温差が大きかった。2002年と2004年は平年より気温が高い高温年、2003年は低温年と対照的な気温条件であった。日照時間は2003年春季のⅠ、Ⅱ期は平年よりそれぞれ3.4、2.4時間短く、Ⅲ期は0.5時間長かったが、Ⅰ~Ⅲでは1.8時間短かった。同年の夏季はⅡ、Ⅲ期は2時間以上短かった。その他、2002年は春季Ⅰ期に2.5時間、夏季Ⅰ期に2.0時間短かったが、Ⅰ~Ⅲ期を通してみるとほぼ平年並みであり、2004年は夏季のⅠ期で3.1時間長かった。

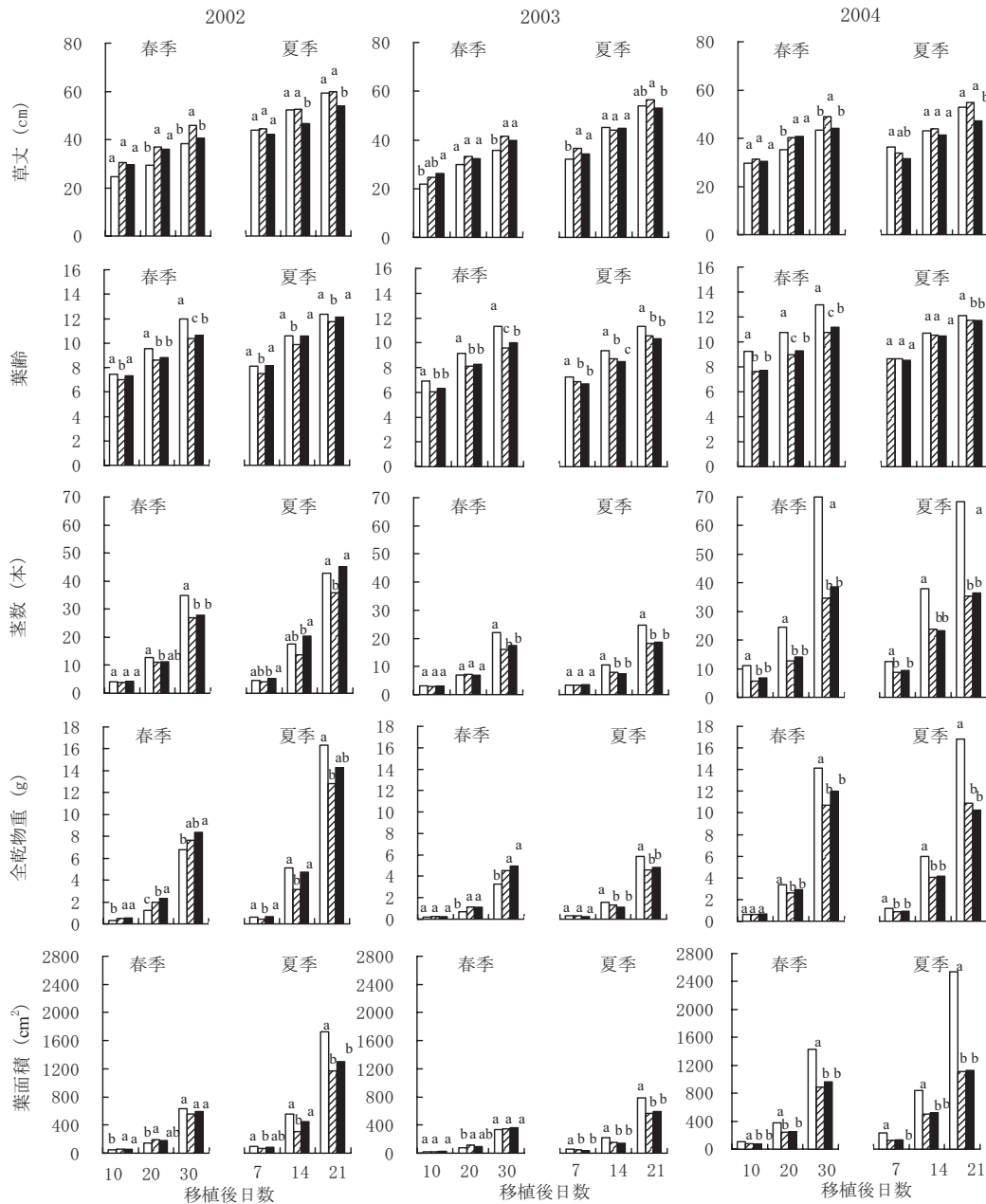
1. 生育の比較

2002～2004 年の春季と夏季における各品種の草丈、葉齡、
莖数、全乾物重、葉面積を第 1 図に示した。

草丈：春季では、MTKは2002、2003年は30日目で36～38 cmへ、2004年は44 cmへと伸長した。これはNBと同

第1表 2002年～2004年の春季、夏季実験における各期の日平均気温と平均日照時間（津气象台）.

年	春 季								夏 季							
	Ⅰ 期		Ⅱ 期		Ⅲ 期		Ⅰ～Ⅲ期		Ⅰ 期		Ⅱ 期		Ⅲ 期		Ⅰ～Ⅲ期	
	气温 ℃	日照 h	气温 ℃	日照 h	气温 ℃	日照 h	气温 ℃	日照 h	气温 ℃	日照 h	气温 ℃	日照 h	气温 ℃	日照 h	气温 ℃	日照 h
2002	18.2	5.0	19.8	8.4	21.9	8.6	20.0	7.7	26.9	3.9	28.8	9.3	30.0	8.1	28.6	7.1
2003	17.2	4.1	19.2	5.8	21.0	8.4	19.2	6.1	23.4	7.0	24.7	5.4	25.0	5.3	24.4	5.7
2004	19.7	7.7	19.7	6.6	22.1	8.8	20.5	7.7	29.9	9.0	29.1	8.4	28.3	7.8	29.1	8.4
平均值	18.1	7.5	19.1	8.2	20.6	7.9	19.2	7.9	26.0	5.9	26.5	7.6	27.4	7.7	26.6	7.1
春季	Ⅰ期：移植後0～10日，Ⅱ期：10～20日，Ⅲ期：20～30日。															
夏季	Ⅰ期：移植後0～7日，Ⅱ期：7～14日，Ⅲ期：14～21日。															



第1図 Manaw Thu Kha (MTK), コシヒカリ (KH), 日本晴 (NB) の2002年～2004年における各調査時期の諸形質。

□ : MTK, ▨ : KH, ■ : NB.

異なる英字間にTukey-Kramerの多重検定による5%水準の有意差あり。

程度かやや小さく、KH に比べると有意に小さかった。夏季では、2003 年の7日目は MTK が 32 cm で、KH, NB より小さかったが、21 日目には 56 cm となり、KH と同程度、NB と比べると大きい傾向を示した。2002, 2004 年では MTK は日本品種と同程度かそれ以上だった。春季と夏季を比べると、夏季の方が MTK で 9～21 cm、日本品種では 3～15 cm それぞれ大きく、特に、夏季における MTK の伸長が顕著であった。

葉齢：春季は、2002 年における MTK の葉齢は 10 日目で 7.4 と KH より大きく、30 日目には 12.0 に達し、KH と NB より 1.3～2.2 大きく、有意差が認められた。2003,

2004 年もこの傾向は同じであった。一方、夏季の葉齢は 2002 年を除き、MTK は日本品種より葉齢が有意に大きくなった。2003 年では MTK は 21 日目に 11.3 で、両年より 1 葉程度小さかったが、KH, NB より有意に大きく、春季と同様の傾向を示した。

また、移植後3回目のサンプリング個体の葉齢を実験圃場内の隣接する水田に 2002～2004 年の 5 月 7 日または 8 日に移植した各品種の主稈総葉数で除して求めた葉齢指数を見ると (第2表), 各品種とも春季は 2002 年が 68～70, 2003 年が 64～66 と、ほぼ同じ値を示した。夏季では、MTK は 2003 年には NB と同程度であったが、KH より小

第2表 Manaw Thu Kha (MTK), コシヒカリ (KH), 日本晴 (NB) の移植後30日目 (春季), 21日目 (夏季) の葉齢指数.

年	品種	春季	夏季
2002	MTK	69	71
	KH	70	79
	NB	68	77
2003	MTK	66	66
	KH	66	72
	NB	64	66
2004	MTK	70	65
	KH	—	—
	NB	70	73

3品種とも該当年の隣接水田栽培における主幹総葉数から算出.

—: 水田栽培個体なくデータ無し.

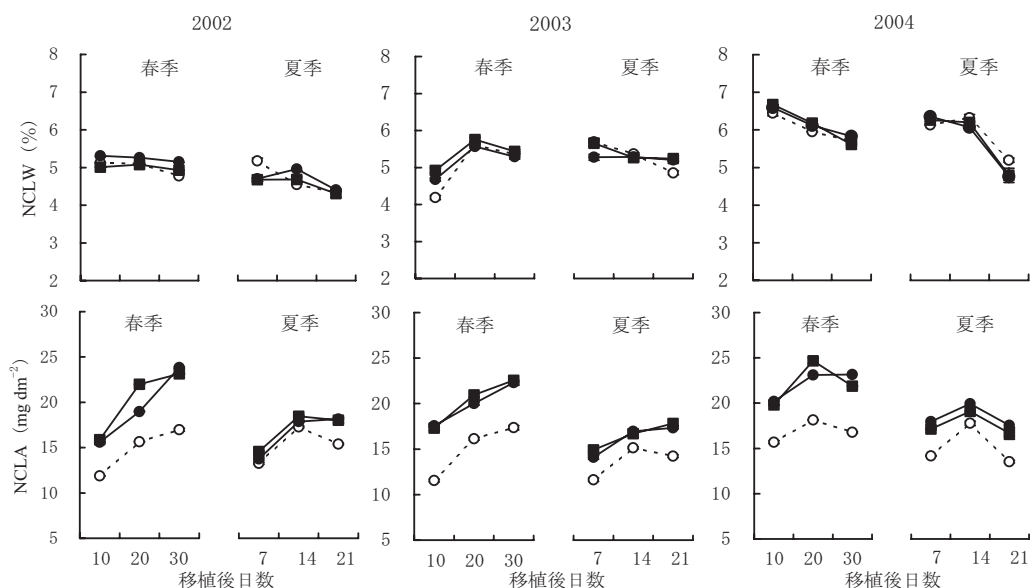
さく, 2002, 2004 年は KH, NB よりも小さかった.

茎数: 春季では, MTK は 2002, 2003 年の 10 日目が 3.2 本で KH, NB と同程度であったが, 30 日目には両品種より有意に多くなった. 2004 年は MTK の茎数は 10 日目で既に 11.0 本と KH や NB よりも多く, その後も多く推移し, 30 日目には 70.3 本と, KH, NB の約 2 倍に達した. 2002 年の夏季における MTK の茎数は, 7 日目は NB と同程度で KH より多く, 21 日目まで同様に推移した. 2003 年と 2004 年は, 生育が進むにしたがって MTK と KH, NB との差が大きくなり, 特に 2004 年は 21 日目に MTK が 68.3 本と, 春季と同様 KH, NB のおよそ 2 倍の茎数となった. また, 3 品種の夏季の 21 日目における茎数は春季 30 日目に比べて 2002 年は約 1.2~1.6 倍多く, 2003, 2004 年は同程度の本数であった.

乾物重: 春季では, MTK の乾物重は 2002 年の 10 日目は 0.32 g で KH, NB より小さく, 生育が進んでも小さかった. 2003 年の 10 日目における MTK の乾物重は 0.20 g で KH,

NB と差は見られなかったが, その後の乾物増加量が小さく, 30 日目は 3.25 g で KH, NB の 4.53~4.95 g に比べると有意に小さく, 3 年間で最も小さかった. 一方, 2004 年には MTK は 10 日目が 0.64 g で KH, NB と差はなかったが, 30 日目には 14.16 g に急増し, KH, NB の 10~12 g より有意に大きくなった. 夏季では, MTK は 2002 年の 7 日目 0.61 g が 21 日目 16.31 g へと増加し, KH より有意に大きくなった. 2004 年の MTK は 1.18 g が 16.80 g へと, 2002 年と同程度の乾物重となった. 一方, 日照時間が短かった 2003 年の MTK は 0.30 g が 5.86 g へと, 21 日目の乾物重は 2002, 2004 年の 1/3 程度であったが, 各年とも KH, NB よりも有意に大きかった. また, 春季と夏季の乾物重を比べると MTK は 3 年とも夏季の方が, KH, NB は 2002 年は夏季が大きく, 2003, 2004 年は同程度であった. なお, 2003 年は春季, 夏季とも 2002, 2004 年の 1/2~1/4 程度の乾物生産量であった.

葉面積: 春季では, MTK の葉面積は 2002 年 10 日目の 44 cm² が 30 日目には 628 cm² へ, 2003 年は 23 cm² が 346 cm² へと拡大した. 年による拡大の程度には違いが見られたが, KH, NB の葉面積もほぼ同様の経過で, 品種間に有意差は見られなかった. 一方, 2004 年は 10 日目における MTK の葉面積が 102 cm² と KH, NB に比べて既に有意に大きく, その後も大きく推移し, 30 日目には 1431 cm² に達し, NB の 964 cm², KH の 886 cm² と大きな差が見られた. 夏季では, MTK の葉面積が KH, NB より 7 日目から有意に大きく, 21 日目には 2002 年が 1722 cm², 2003 年が 791 cm², 2004 年は 2536 cm² となった. MTK では 2004 年の 21 日目が 3 年間を通して最大の葉面積であった. KH, NB も 2002, 2004 年の 21 日目は 1114~1304 cm², 2003 年は 567~593 cm² と春季よりも著しく大きくなったが, MTK に比



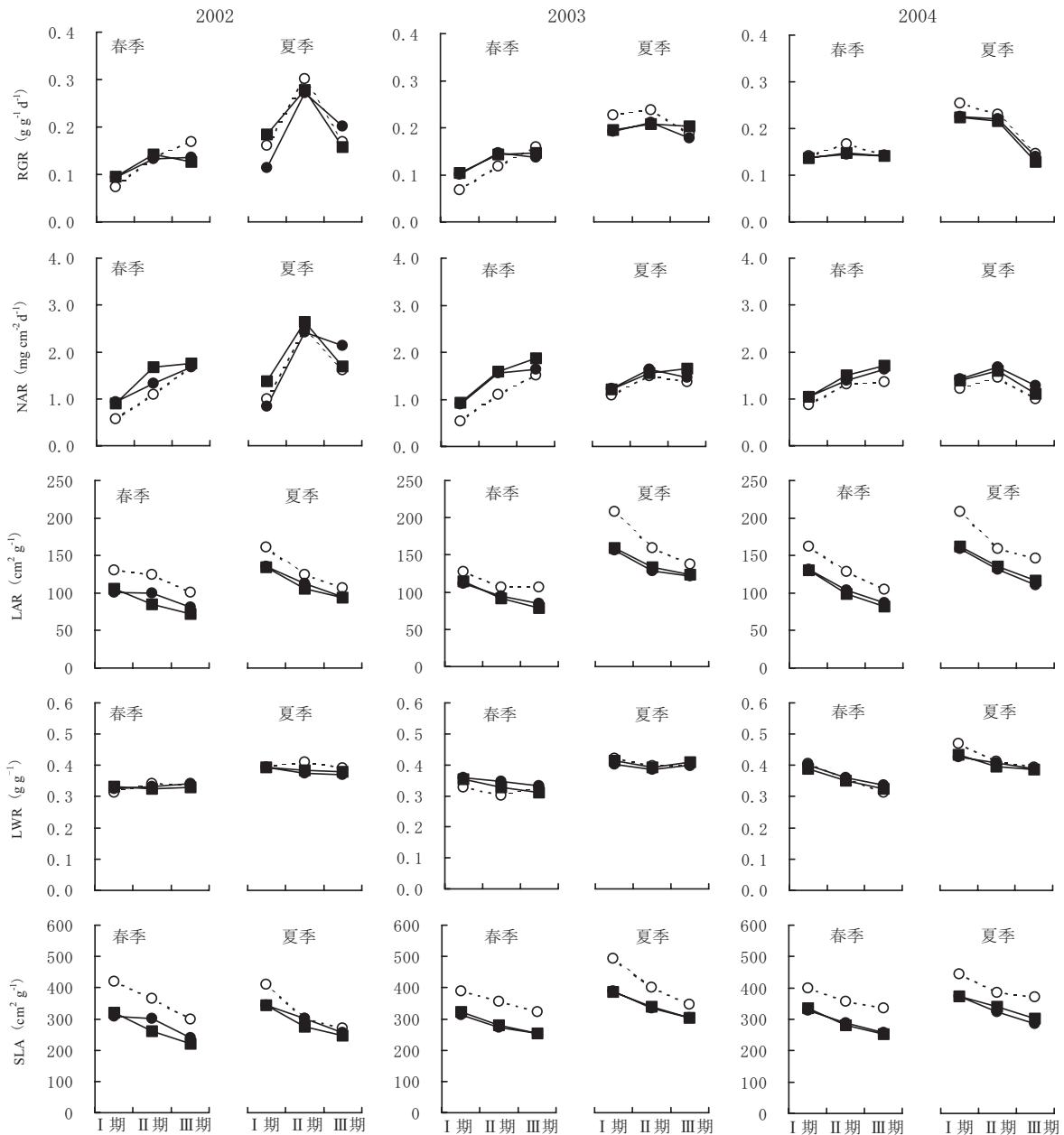
第2図 Manaw Thu Kha (MTK), コシヒカリ (KH), 日本晴 (NB) の2002年~2004年における葉身乾物重当り窒素含有量 (NCLW) と葉面積当り窒素含有量 (NCLA) の推移.
○: MTK, ●: KH, ■: NB. 図中の縦線は標準偏差を示す.

べると明らかに小さかった。なお、2002年の7日目から14日目にかけての葉面積の増加率は他の2年の増加率を上回った。3年間とも夏季の葉面積は春季より大きく、また、3品種とも2003年は2002、2004年の1/2~1/3程度の葉面積にとどまった。

葉身窒素含有量：第2図に葉身乾物重当り窒素含有量(NCLW)と葉面積当り窒素含有量(NCLA)の推移を示した。春季におけるNCLWは2002年には、MTK, KH, NBとも5%前後で変動は小さかった。2004年は3品種とも6.5%前後から5.7%へ漸減し、3品種間の差はほとんど見られなかった。2003年は10日目から20日目に大きく高まり、2002、2004年とは様相がやや異なった。夏季は、いずれの

年も3品種とも生育が進むに従って低下する傾向にあり、特に2004年の14日目から21日目にかけて低下程度が大きかった。また、3品種とも2004年は夏季の21日目を除いて2002、2003年に比べ高い傾向が見られた。

NCLAについて見ると、春季では、2002年は10日目におけるMTKは11.9 mgで、KHの15.6 mg, NBの15.9 mgと比べると明らかに小さかった。そして30日目は、MTKが17.0 mg, KHとNBがそれぞれ23.8 mg, 23.1 mgと3品種とも大きくなったが、MTKの値は常に小さかった。2003年においても同様の推移が見られた。2004年は品種間の大小関係は変らなかったが、20日目が高い傾向にあった。夏季では、2002年の21日目、2003年と2004



第3図 Manaw Thu Kha (MTK), コシヒカリ (KH), 日本晴 (NB) の2002年~2004年における相対生長率(RGR), 純同化率(NAR), 葉面積比(LAR), 葉重比(LWR)および比葉面積(SLA)の推移。
 春季 I期: 移植後0~10日, II期: 10~20日, III期: 20~30日。夏季 I期: 移植後0~7日, II期: 7~14日, III期: 14~21日。
 ○: MTK, ●: KH, ■: NB。図中の記号上の縦線は標準偏差を示す。

年の7, 21日目でMTKがKH, NBに比べて明らかに小さかった。また, MTKは3年とも14日目に最も高い値を示した。

2. 生長解析

3カ年の春季と夏季における生長解析の結果を第3図に示した。

相対生長率 (RGR) : 春季では, 3年間を通し MTK は $0.07 \sim 0.17 \text{ g g}^{-1} \text{ d}^{-1}$, KH は $0.09 \sim 0.15 \text{ g g}^{-1} \text{ d}^{-1}$, NB が $0.10 \sim 0.15 \text{ g g}^{-1} \text{ d}^{-1}$ の間で推移し, 年度および品種にかかわらず II 期が僅かに高い傾向が見られた。MTK は 2002, 2003 年の I 期では KH, NB より値が低かったものの, II, III 期並びに 2004 年は全期において同程度であった。夏季では, 2002 年は MTK の値は I 期 $0.16 \text{ g g}^{-1} \text{ d}^{-1}$, II 期 $0.30 \text{ g g}^{-1} \text{ d}^{-1}$, III 期 $0.17 \text{ g g}^{-1} \text{ d}^{-1}$ と, II 期に増大し III 期に低下するという推移を示した。MTK の I 期の値は 2003 年, 2004 年のそれぞれ $0.23 \text{ g g}^{-1} \text{ d}^{-1}$, $0.25 \text{ g g}^{-1} \text{ d}^{-1}$ と比べるとかなり小さかった。この様な RGR の推移は KH も NB も全く同じであった。MTK と KH, NB を比べると 2002 年の III 期で KH より低かったことを除くと 2003, 2004 年は同程度かむしろ大きく推移した。なお, RGR は 3 品種とも春季より夏季で大きかった。

純同化率 (NAR) : 春季では, MTK は 2002 年は $0.6 \text{ mg cm}^{-2} \text{ d}^{-1}$ から $1.76 \text{ mg cm}^{-2} \text{ d}^{-1}$ へ, 2003 年は $0.5 \text{ mg cm}^{-2} \text{ d}^{-1}$ から $1.5 \text{ mg cm}^{-2} \text{ d}^{-1}$ へ, 2004 年は $0.9 \text{ mg cm}^{-2} \text{ d}^{-1}$ から $1.4 \text{ mg cm}^{-2} \text{ d}^{-1}$ へと, 生育時期が進むにしたがって高まった。この傾向は KH, NB も同様であった。また MTK は, 2002 年, 2003 年は I, II 期で, 2004 年では全期間で KH, NB より低い値を示した。夏季では, MTK は 2002, 2003 年の III 期と 2004 年の全期間を通して日本品種に比べて低く, その他の期もやや小さい傾向が認められた。

葉面積比 (LAR) : 春季では, 2002 年の MTK は I 期の $131 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ から III 期の $100 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ へ, KH は $100 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ から $81 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ へ, NB は $106 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ から $72 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ へと生育時期が進むに従って 20~30% 程度低下した。品種間で比べ

ると, MTK は KH, NB に比べて常に大きかった。この傾向は年, 春季, 夏季を通じて同じであった。

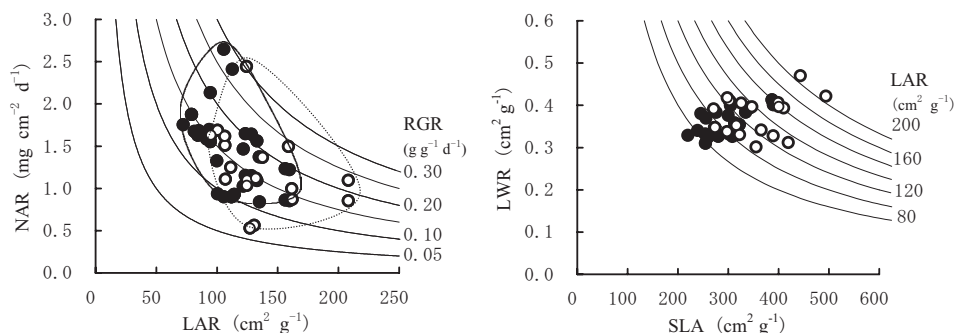
葉重比 (LWR) : 春季では MTK が $0.36 \sim 0.30 \text{ g g}^{-1}$, KH が $0.36 \sim 0.33 \text{ g g}^{-1}$, NB が $0.35 \sim 0.31 \text{ g g}^{-1}$, 夏季では MTK が $0.42 \sim 0.39 \text{ g g}^{-1}$, KH が $0.42 \sim 0.37 \text{ g g}^{-1}$, NB が $0.40 \sim 0.38 \text{ g g}^{-1}$ であり, 春季, 夏季とも 2004 年 I 期が高かったのを除くと, 2002 年, 2003 年の I~III 期は品種内の変化, 品種間の差異とも小さかった。また, 各品種とも, 春季よりも夏季の方が常に大きい傾向が見られた。

比葉面積 (SLA) : 春季では, 2002 年の MTK は 10 日目の $420 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ が 30 日目には $308 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ へ, KH は $308 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ から $239 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$, NB は $319 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ から $220 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ へと生育が進むに従って 3 品種とも SLA は小さくなった。そして, MTK の SLA は KH, NB よりも全期で明らかに大きかった。この傾向は 2003, 2004 年とも, また夏季においても同様であった。なお, 3 品種とも夏季は春季に比べてやや大きい傾向が認められた。

生長パラメータの相互関係 : 前述の生長解析の結果について, MTK と日本品種 (KH と NB) に分けて生長パラメータ間の相互関係を第 4 図に, NCLA との関係を示した。

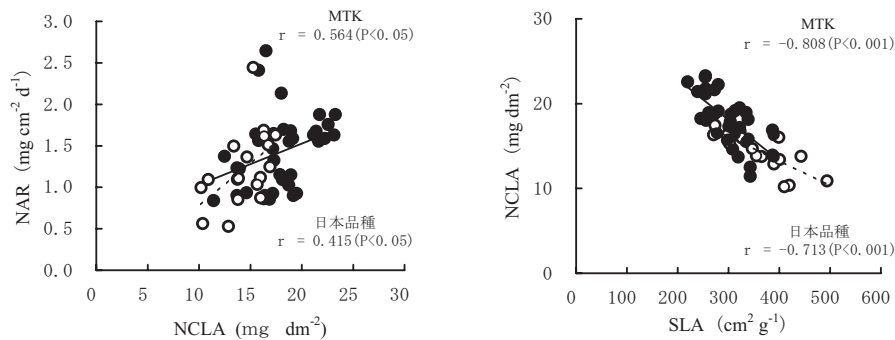
日本品種では LAR と NAR の間に有意な負の相関関係 ($r = -0.498$, $P < 0.01$) が見られたが, MTK では両者に一定の関係は見られなかった ($r = -0.370$, $P > 0.05$) (第 4 図)。また, NAR, LAR と RGR の関係からは, 同じような RGR のレベルで比較すると, MTK は日本品種に比べて NAR が低い, LAR が大きいことが窺われた。次に, LAR の構成要素である LWR と SLA との関係について見ると, MTK, 日本品種とも LWR に比べて SLA での変異が大きく, LAR との関係からは, MTK は SLA が大きいために LAR が大きいことが明らかだった (第 4 図)。

一方, NAR の大小関係に係わる要因について検討したところ, MTK, 日本品種とも NAR は NCLA と有意な正の相関関係にあった (MTK : $r = 0.564$, $P < 0.05$; 日本品種 : $r = 0.415$, $P < 0.05$) (第 5 図)。そして, いずれも NCLA は SLA と有意な負の相関関係にあった (MTK : $r =$



第4図 Manaw Thu Kha (MTK) と日本品種 (コシヒカリ・日本晴) 別に見た各生長パラメータ間の関係。

○ : MTK, ● : 日本品種。



第5図 Manaw Thu Kha(MTK)と日本品種(コシヒカリ・日本晴)のNCLAとNAR(左)並びにSLAとNCLA(右)との関係。

○……………: MTK, ●————: 日本品種。

−0.808, $P < 0.001$; 日本品種: $r = -0.713$, $P < 0.001$) (第5図)。

考 察

1. 生育の特徴

MTKの生育がKH, NBと異なる第1点は、葉齢が大きかったことである。春季実験期間の日平均気温は19~21℃, 夏季実験期間は24~29℃であり、ミャンマーにおけるMTKの水田苗代への播種から田植, 生育中期に当たる6月から8月の気温が27.9~28.1℃であることを考えると、気温条件からは高温の夏季の方がMTKの生育には好適と考えられた。しかし、それよりも低温の春季においてKHやNBよりも乾物重では小さかったとはいえ移植10日目に既に葉齢が大きく、その後の出葉も早く、茎数も多目に推移したことは予想外であった。そして、高温条件の夏季実験でも春季ほどではないもののMTKの葉齢は大きかった。ただ、隣接する水田で栽培された各品種の主稈総葉数から算出した葉齢指数からは、NBと殆ど同じ生育ステージにあったと考えられた。気温が15℃前後の4月下旬から5月上旬が田植期の三重県内の日本品種と変わらない出葉経過を示したことは、MTKは比較的低温でも生育は順調で生育適温が広いことを示唆する一つの結果であろう。MTKはミャンマーにおいてもデルタ地域だけでなく、中部地域までの広い範囲で作付されていることとも関係があるものと考えられ、興味ある結果であった。この実験の19~29℃の範囲では出葉が気温の影響を大きく受けにくい点がMTK生育上の一つの特徴と考えられた。

第2は、茎数が多かったことである。MTKは移植時から出葉数が多く、分けつもKHとNBに比べて多い。その後も出葉速度が速いため、分けつの発生も旺盛で茎数も多くなった。MTKのミャンマーにおける耕種基準や農家の栽植密度は、36株/m²で極めて密植である(ミャンマー農業灌漑省1999, Aye・森田2000)。本実験はポット使用で1本植えではあるが、茎数が低温年の2003年でも春季は移植後30日、夏季は21日で20本以上、2004年は同約70本確保され、偏穂数型NBの約2倍の茎数に達したこと

から、分けつ能力はかなり高いものと考えられた。ミャンマーで密植される理由の一つとして、MTKは30株/m²以上の栽植密度でないとLAIが小さく収量が上がらないとの指摘がある(Tun Winnら2002)。しかしながら、ポット実験とはいえ、MTKの茎数や葉面積の大きさを考慮すると、もう少し低密度でも収量低下を招かない葉面積、茎数が確保できると考えられる。MTK固有の分けつ能力を発揮させて穂数を確保する栽培技術を確認することは可能と考える。栽植密度を減らすことは、田植労力の削減や苗代面積縮小などの波及効果も期待できる。一方で、生育初期の分けつ数が多く葉面積の拡大が早いというMTKの生育特性は、移植後短期間で田面を覆って雑草の発生を抑える効果が期待でき、高密植ではより一層その効果が発揮されることが考えられることから、ミャンマーにおいて敢えて高密植栽培が行われて来た理由の一つはこの点にあるのかもしれない。

3点目は、MTKの葉面積当り窒素含有量(NCLA)が小さかったことである。MTKのNCLAは各年とも生育初期は小さく、生育が進むに従って増大する傾向が見られたが、年による変動は小さかった。KH, NBのNCLAも同様に増大し、その値はMTKより常に高かった。これに対して、葉重当り窒素含有量(NCLW)は、品種、季節、年による変動は比較的小さかった。この様に、NCLAに大きな差が見られたもののNCLWの差が小さかったことは、吸収された窒素の葉への分配はKH, NBとあまり差がないものと推察された。

2. 乾物生産の特徴

MTKの乾物生産量は、KHやNBと比べると2002, 2003年春季はやや小さい傾向が見られたが、気温が高かった2004年の春季と夏季3年間は大きかった。乾物の生長速度を示すRGRもMTKはKH, NBと比べると、春季は同じかやや小さく、夏季はやや大きい傾向が認められ、乾物重の結果と一致していた。ただ、RGRの推移を見ると、2002年夏季のⅡ期は3品種とも値が大きくなり、全期間を通じて最大となった。この増加について、第1図に基づ

き 2002 年の 14 日目の乾物重を 7 日目の乾物重で除して乾物増加率を求めると、各品種の乾物増加率は、MTK が 8.2 倍、KH と NB がそれぞれ 6.6 倍と 6.2 倍で、2003 年と 2004 年の 4~5 倍に比べて増加程度が大きかった。14 日目に乾物重が急増した原因として考えられることは、供試苗がやや徒長気味であった上に、移植日が晴天で風が強く、葉身が折れるなど苗に植え傷みが生じ、さらに 2 日間ほど強風が吹いたことと雨や曇りの日が多く、日照時間が他の期の半分程度であったことなどの気象要因が活着と生育の停滞を招き、7 日目の乾物重が 2004 年と比べて MTK、KH が約 5 割、NB が約 7 割程度で小さかった。ところが II 期に入ると日照時間も多くなり 3 品種とも品種本来の生長に戻ったことが、7 日目から 14 日目の間の大きな乾物増加率となり、II 期の大きな RGR に反映されたものと考えられる。また、NAR においても、2002 年夏季 II 期の NAR の値が急増したのは、RGR の値が急増したのと同じ要因によるものであったと考えられる。

いずれにしても、先に示した RGR の結果からは、生育初期から中期にかけて MTK は KH、NB と同程度かむしろ大きい乾物生長速度を有しているものと考えられた。しかし、NAR の結果では MTK と KH、NB の差は小さかったものの春季、夏季とも MTK はやや低い傾向にあったことから、同化能力はやや劣るものと考えられた。2003 年は 3 品種とも乾物重が小さかったが、乾物生産速度、同化能力とも 2002、2004 年と比べても大きく劣っていることはなかった。

NAR の結果に対して、LAR は実験年、時期にかかわらず MTK で常に大きく、その差も顕著であった。そして、日本品種では LAR と NAR の間に負の相関関係が認められたが、MTK では両者に一定の関係は見られなかった、これは MTK では LAR が大きいことが NAR の低いことには結びついていなかったと言える。従って、LAR、NAR と RGR の関係からは、MTK は日本品種と比較して LAR に依存した形で RGR を維持している、すなわち LAR を大きく保つことで低い NAR を補完しているものと推察された。

また、LAR を構成する LWR では、MTK と KH、NB との間の差は小さく、SLA の差が極めて大きかった。これらの結果より、各品種とも生産した乾物を同程度の割合で葉身に分配しているものの、MTK は KH や NB よりも SLA を増大させる、言い換えれば葉身を薄くすることでより大きな葉面積を確保していたと判断される。これらのことを考え合わせると、SLA を増大することにより LAR を拡大して乾物生産を行うのが MTK の特徴と言えよう。

一方、NAR に係わる要因について検討したところ、NAR は NCLA と正の、NCLA は SLA と負の相関関係を示した。光合成と葉身窒素含量との関係については、関係は弱いとの指摘 (川満・縣 1987) もあるが、葉面の蛋白態窒素が関係するとの報告 (長田・村田 1965) もある。また、葉身の厚さと光合成速度との間には、関係があるという報告 (Cook

and Evans 1983) と明確な関係は認められないという報告 (折谷ら 1979, 川満・縣 1987, 中沢ら 1990, 斎藤ら 1991) があり、葉厚の直接の影響については不確定なところが多い。しかし、江原ら (1990) は SLA が NCLA を通じて NAR に関与すると報告しており、本実験の結果は同様であった。本実験における RGR と NAR の値から判断すると、MTK は SLA を大きくすることで NAR の低下を招くものの、LAR をより一層大きくして KH、NB と同程度の乾物生産を維持しており、NAR が低いことの不利を LAR 拡大の有利性が上回った結果と考えるのが妥当であろう。

しかしながら、MTK の葉が薄く SLA が大きいことが同化能力にとってはマイナス要因であると言える。これまでの水田実験における観察経験から、インド型品種の葉身の薄化は、葉色が常に淡いことに加えその黄化が日本品種よりも速いこと、葉身が湾曲しやすいなど外観的性質と密接に係わっているものと考えられる。江原ら (1992) は、イネ品種を幼苗期における肥料濃度に対する生長反応から、葉面積の拡大を葉身長の伸長に強く依存するタイプと、葉幅の増大に依存するタイプなどの 3 タイプに分類している。水田栽培における 3 品種の主稈の葉位別葉身長/葉幅比は、上位葉ほど MTK の値が KH、NB に比べて大きかった (Aye ら 未発表)。MTK は葉面積の拡大を葉幅よりも葉身の伸長に依存するタイプとみられるが、葉身の形態は乾物生産と密接に係わっていると考えられるので、葉身の内部構造等解剖学的観察も含め、さらに検討する必要がある。

以上のことから、MTK は春季の日平均気温が 20℃前後の時期においても、移植後の初期から中期にかけての生育は KH、NB より出葉速度が速く、分けつもよく、その他の生長諸形質も KH、NB と比べて劣らないことが明らかとなった。また、MTK は SLA を増大させることにより LAR を大きくして乾物生産量を確保していることが特徴であった。

引用文献

- Aye Aye Han 2002. Growth and yield characteristics of Myanmar rice cultivars. Master Thesis, Graduate School of Bioresources, Mie University. 1-49.
- Aye Aye Han・森田脩 2002. ミャンマーの稲作の実態. 東海作物研究 132・133: 25-29.
- Aye Aye Han・梅崎輝尚・江原宏・長屋祐一・森田脩 2005. 施肥法を異にしたミャンマーの代表的水稻品種 Manaw Thu Kha の生育と収量性の特徴. 日作紀 74: 260-269.
- Cook M. J. and L. T. Evans 1983. Some physiological aspects of the domestication and improvement of rice (*Oryza* spp.). Field Crops Research 6: 219-238.
- 江原宏・土屋幹夫・小合龍夫 1990. イネの対肥料反応性に関する研究. 第 1 報 幼苗期における生長速度の品種間差. 日作紀 59: 426-434.
- 江原宏・土屋幹夫・平井儀彦・小合龍夫 1992. 培養液濃度の違いに

- よるイネ幼苗の葉身形態変化の品種間差異. 日作紀 61 : 10–16.
- 蔣才忠・平沢正・石原邦 1988. 水稲多収性品種の生理生態的特徴について—アケノホシと日本晴の比較—. 第 1 報 収量および乾物生産. 日作紀 57 : 132–138.
- 川満芳信・縣和一 1987. 水稲個葉の光合成速度, 蒸散速度及び気孔伝導度における品種間差異. 日作紀 56 : 563–570.
- 窪田文武・田中典幸・有馬進 1988. 日印交雑稲品種「水源 258 号」の生産生態の解明. 日作紀 57 : 287–297.
- 窪田文武・岡野智・縣和一・片山忠夫 1992. 西アフリカ地域の水稲栽培種 *Oryza glaberrima* Steud. と *Oryza sativa* L. の乾物生産と光合成の水耕液濃度に対する反応. 日作紀 61 : 207–212.
- Miah, M. N. H., T. Yoshida, Y. Yamamoto and Y. Nitta 1996. Characteristics of dry matter production and partitioning of dry matter to panicles in high yielding semidwarf Indica and Japonica-Indica hybrid rice varieties. 日作紀 65 : 672–685.
- ミャンマー農業灌漑省 1999. 多収量化の施策. 1–23. (ミャンマー語)
- 長田明夫・村田吉男 1965. 水稲の葉面当り光合成能力の品種間差異と乾物生産. 日作紀 33 : 454–459.
- 中沢文男・角田公正・鳥倉弘文 1990. 水稲多収品種の光合成特性について. 第 1 報 個葉の光合成速度. 日作紀 59 : 72–79.
- 折谷隆志・円佛利康・霞田隆治 1979. 作物の窒素代謝に関する研究 第 16 報 水稲各品種における光合成, 葉面生長と N 代謝との関係. 日作紀 48 : 10–16.
- 斎藤邦行・下田博之・石原邦 1990. 水稲多収性品種の乾物生産特性の解析. 第 1 報 密陽 23 号と日本晴の受光態勢の比較. 日作紀 59 : 130–139.
- 斎藤邦行・下田博之・石原邦 1991. 水稲多収性品種の乾物生産特性の解析. 第 3 報 個葉光合成速度の比較. 日作紀 60 : 65–74.
- 宋祥甫・縣和一・川満芳信 1990. 中国産ハイブリッドライスの物質生産に関する研究. 第 1 報 乾物生産特性. 日作紀 59 : 19–28.
- Si Si Myint, Khin Maung Nyunt and Maung Maung Thein 2002. Study on the effect of different urea fertilizer rates and plant populations on the severity of bacterial blight (BB) of rice. Proceedings of the Annual Research Conference, Yangon. 99–105.
- Thein Win, Khin Oo and Mya Thauung 2002. Evaluation of different rice varieties for yield and their agronomic characters. Proceedings of the Annual Research Conference, Yangon. 154–157.
- Tun Winn, Laberty Tin, Htay Htay Myint and Htein Lin 2002. Study on potential growth and yield of two different HYVs at various plant spacings in the rainfed lowland rice of Myanmar in the wet season. Proceedings of The Annual Research Conference, Yangon. 150–154.
- 翁仁憲・武田友四郎・懸和一・箱山晋 1982. 水稲の子実生産に関する物質生産的研究. 第 1 報 出穂期前に貯蔵された炭水化物および出穂後の乾物生産が子実産生に及ぼす影響. 日作紀 51 : 500–509.
- 翁仁憲・武田友四郎・懸和一・箱山晋 1982. 水稲の子実生産に関する物質生産的研究. 第 2 報 出穂期前における乾物生産力の品種間差. 日作紀 51 : 510–518.

Growth and Dry Matter Production in the Early to the Middle Growth Stages after Transplanting in Manaw Thu Kha, Myanmar Rice Cultivar : Aye Aye Han, Hiroshi EHARA, Miwa YASUKAWA, Teruhisa UMEZAKI, Yuichi NAGAYA and Osamu MORITA (*Fac. of Bioresources, Mie Univ., Tsu, Mie, 514-8507, Japan*)

Abstract : The growth and dry matter production in the early to middle growth stage of Manaw Thu Kha (MTK), a high yielding rice cultivar in Myanmar, were studied in comparison with Japanese cultivars (JP), Koshihikari and Nipponbare. The pot experiments were carried out in spring and summer, in 2002 to 2004. The leaf emergence rate, number of stems and leaf area were greater in MTK than in JP. The difference in leaf emergence rate between MTK and JP was larger in spring than in summer. The leaf number on the main stem of MTK was apparently larger than that of JP at 30 days after transplanting. The number of tillers in MTK was about two times as large as that in JP in both seasons in 2004. The dry matter (DM) weight of MTK was similar to or lighter than that of JP in spring, but was heavier in summer. In 2004, which was hotter than common years, DM weight was heavier in MTK than in JP. The nitrogen content per unit leaf area (NCLA) was distinctly lower in MTK than in JP irrespective of season or year. The relative growth rate (RGR) of MTK was the same as or lower than that of JP in spring, but was the same as or higher than that of JP in summer. Then, net assimilation rate was lower in MTK than in JP in both seasons. In MTK, leaf area ratio (LAR) was high and specific leaf area (SLA) was large during the experiments, and NAR was positively correlated with NCLA that was negatively correlated with SLA. In MTK, RGR was higher than that in JP even in summer, when NAR was lower than that in JP. Thus, it was considered that high DM productivity of MTK depended on the high LAR resulting from the large of SLA.

Key words : Dry matter production, Growth in the early and middle growth stages, Growth analysis, Japanese cultivar, Lowland rice, Myanmar cultivar.