

施肥法を異にする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

Aye Aye Han・梅崎輝尚・江原宏・長屋祐一・森田脩

(三重大学生物資源学部)

要旨：ミャンマーの代表的な高収量イネ品種のひとつである Manaw Thu Kha (MTK) の生産現場での低収量性の原因解明のために施肥法に着目し、MTK と日本品種のコシヒカリ (KH) と日本晴 (NB) をミャンマーの一般的な施肥法 (M 区) と日本の施肥法 (J 区) とにより三重大学内実験水田で 2001 年から 3 年間栽培実験を行った。施肥試験区として、M 区には基肥を与えず移植後 30、60 日目に 2 回尿素を窒素成分量で合計 11.4 kg/10 a 追肥する M1 区と 2 回目追肥時に同量の尿素と 2.2 kg/10 a のリン酸を与えた M2 区、J 区には複合肥料を窒素成分量で基肥 6 kg/10 a と追肥 2 回各 2.5 kg/10 a を施した J1 区、J1 区の 1/2 量を施した J2 区の計 4 区を設けた。結果は次のとおりである。M 区では尿素を追肥すると 10 日間で MTK、KH、NB とともに草丈は急伸長し、施肥に敏感に反応した。また、M 区は J 区と比較して 3 品種ともに移植後の分げつの発生が遅れ、最高分げつ期までの所要日数が大きかった。最高分げつ数は MTK では J2 区は低かったが M 区と J1 区に差がみられなかったのに対して日本の 2 品種は J 区に比べて M 区が有意に少なく、供試品種によって施肥法の違いが分げつの発生に大きく影響した。MTK の主稈葉の葉色値は第 13~14 葉までは M 区、J 区とも KH、NB より有意に低く、葉色が薄かった。MTK の第 14 葉の SPAD 値は NB より追肥後 7 日目に降有意に低く推移した。そして、MTK では追肥後 5 週目に降急激に低下したが、NB は出穂終了後の追肥後 6 週目に降も追肥時と同程度の値を維持した。出穂状態は MTK は M 区、J 区ともに KH、NB と比較して出穂期間が長く、出穂のピークが 2 回認められた。出穂期の MTK の群落は NB の群落に比べて葉面積指数が大きく、吸光係数も大で、受光態勢が悪かった。MTK は尿素だけを追肥した M1 区では穂数が多い反面、1 穂粒数の減少や登熟歩合の低下がみられた。しかし、リン酸を同時に追肥した M2 区は M1 区よりも 1 穂粒数が多く、登熟歩合も高く、J1 区と同程度の精粒重が得られた。
キーワード：吸光係数、Manaw Thu Kha、施肥法、収量、出穂特性、葉面積指数、葉色値。

ミャンマーではイネは 600 万 ha に作付けされ、2000 万 t の収穫がある (FAO, 2001)。コメは主食として、また、全輸出額の 35% を占める輸出品として重要である (Ministry of Agriculture and Irrigation 2000)。ミャンマーのコメの収量は、1967 年以降、国外で改良された高収量品種 (HYV) の導入と 1970 年代後半からの化学肥料の使用により上昇し、1980 年代には 3 t/ha に達した。しかし、1993-94 年には HYV の栽培面積が 50% を越えたにもかかわらず、ここ 20 年近く収量は殆ど増加していない。アジア地域では中位に属し、生産性は決して高いとはいえない。

多数の HYV が導入されたなかで、アジア地域に広く普及した Mahsuri の突然変異体から育成された品種 Manaw Thu Kha (MTK) は、1995 年にはミャンマーで栽培されている HYV 52% のうち 11% を占める主要品種のひとつである (Information on Myanma Agriculture 1999, 国際農林業協力協会 1997)。ミャンマーでは、MTK は 5 t (100 バスケット) /ha の収量が見込める品種とされている (ミャンマー農業灌漑省 1999a)。限られた情報の中から、MTK の最近の施肥量と収量との関係を見ると、窒素 6~9 kg/10 a で収量 4.5 t/ha 以上をあげ、目標に近い収量が得られた例もみられる (Si Si Myint ら 2002) が、3 t/ha 程度の収量が多く (Tun Winn ら 2002, Thein Win ら 2002)、目標どおりの収量が得られているとは言い難い。実際に、コメの主要生産地

域のひとつエヤワディー河下流のデルタ地帯に位置するパテイン近郊の MTK 栽培農家でも移植後 30 日間隔で 2 回にわけ速効性の尿素を窒素量で 11.4 kg/10a を追肥しているが、収量は約 3 t/ha であった (Aye・森田 2002)。この農家の施肥法はミャンマーでは一般的とみられるが、日本と同程度の窒素施肥量にもかかわらず収量は約半分で、施肥量が収量に反映されていないことがうかがわれた。ミャンマーでは増収のための今後の改良点として、尿素的施用回数を増やす工夫や NPK 3 要素を与えることなどが提案されており (ミャンマー農業灌漑省 1999b)、増収実現のために施肥法は重要な検討課題と考えられる。

ミャンマーと日本では気温・日長など生育に影響を与える環境要因が異なるため、MTK を日本で栽培しても生育・収量状況を正確に把握することは難しいかもしれない。しかし、同一環境下で MTK と日本の品種を、ミャンマーの栽培法と生産性の高い日本の栽培法で栽培して各品種の生育・収量特性を比較することによって、MTK の品種特性や栽培技術上の問題点を明確にし、それらを通して収量が停滞しているミャンマーのコメ生産の向上を図る有益な技術的知見が得られるものと期待できる。

そこで、本研究では、収量が停滞している技術的要因を探る端緒として施肥法に着目し、調査で得られたミャンマー農家の尿素のみの施肥法 (ミャンマー慣行法) と

NPK3 要素を基肥と追肥に分施する日本の慣行的施肥法（日本慣行法）で MTK と日本の代表的品種のコシヒカリと日本晴の 3 品種を栽培し、各品種の生育過程の追跡調査と収穫物の分解調査を行い、MTK の生育特性と収量性について栽培学的に比較検討した。

材料と方法

実験は 2001～2003 年にかけて三重県津市にある三重大学生物資源学部内の実験水田で行った。試験区は 1 区 1 m × 2 m で 3 品種、4 施肥区、2 反復の合計 24 区で構成した。

1. 試験区の構成

1) 供試品種並びに育苗

供試品種はミャンマーの代表的高収量品種である Manaw Thu Kha（日印交雑品種、MTK）と日本の品種コシヒカリ（長稈中間型、KH）と日本晴（中稈偏穂数型、NB）を用いた。育苗は次のとおり行った。3 品種とも種籾は、比重 1.06 の塩水により選別し、1000 倍希釈のペノミル水和剤で 24 時間種子消毒を行った後、水洗した。各年とも 4 月 9 日に 128 穴の育苗用ペーパーポットに市販の粒状育苗培土（N:P₂O₅:K₂O=6:8:6 g/20 kg）を 1 ペーパーポットあたり 3.5 kg 入れた後、各穴に 5 粒ずつ播種し、その上に同育苗培土 1 kg を 1 cm の厚さに覆土した。播種後、育苗用ペーパーポットは無加温のガラス室に置き管理した。3 葉期に生長の揃った 3 個体を残して間引いた。移植 3 日前にガラス室外に出して外部の自然環境にならした。

2) 施肥区

施肥区はミャンマーの施肥実態に合わせ、基肥を与えず尿素のみを 6 月 7 日と 7 月 6 日の 2 回の追肥に与える M1 区と 2 回目の追肥時に尿素とリン酸を追肥する M2 区、日本の慣行施肥法として複合肥料を基肥と追肥に分施する J1 区とその 1/2 量を与える J2 区の 4 区とした。J 区の追肥日は出穂経過を参考にして各品種の出穂前 3 週間と 1 週間に相当する時期とした。窒素の施肥量はミャンマーで聞き取り調査した農家（Aye・森田 2002）の尿素施肥量の成分量を基準とした。M1 区では尿素のみを窒素成分で 11.4 kg/10 a、M2 区では窒素量 11.4 kg/10 a と P₂O₅ 成分量 2.2 kg/10 a を過磷酸石灰で施した。J1 区は基肥として 5 月 4 日に 3 要素比が 12:18:14 の複合肥料（くみあい塩加燐安 284）を窒素成分量で 6.0 kg/10 a、追肥として 3 要素比が 14:0:14 の複合肥料（くみあい苦土尿素入り窒素加里化

成 4 号）を窒素成分量で 2.5 kg/10 a を 2 回の合計 11.0 kg/10 a を施した。J2 区は J1 区の 1/2 量ずつの合計 5.5 kg/10 a をそれぞれ施した。追肥日を第 1 表に示した。

3) 移植および栽植密度

移植は 5 月 7 日に 1 株 3 本植で行った。MTK の栽植密度はミャンマーで一般的な 36 株/m²（16.7 cm × 16.7 cm）、KH、NB は日本の成苗手植えで一般的な 20 株/m²（25 cm × 20 cm）それぞれ手植えした。なお、移植時の葉齢は MTK が約 5.4、KH が約 4.8、NB は約 5.2 であった。各品種とも移植後は常時 5～10 cm の湛水状態に保ち、中干しは行わなかった。

2. 生育調査項目

1) 生育追跡調査

生育追跡調査は各区とも周辺影響を考慮して MTK は中央部 4 列の株から、KH、NB は 2 列の株からそれぞれ 3 株を選び、移植から出穂まで 7 日毎に草丈、葉齢、分げつ数を調査した。

2) 葉色調査

主稈の葉別葉色：葉色については各区とも生育調査 3 株のうちの 1 株を選び 3 本植した各個体について主稈第 7 葉から止葉まで、完全展開 2 日目に各葉位の葉色値を水稻用 FHK 葉色カラスケール（富士平工業(株)）を用いて測定した。

M 区第 14 葉の葉色：2002 年には MTK と NB では M 区第 2 回目の追肥が第 14 葉の完全展開時と一致したので両品種の第 14 葉についてクロロフィルメータ（ミノルタ社製 SPAD-502 型）を用いて SPAD 値を経時的に測定した。M 区の 2 回目の追肥日である 7 月 6 日に主稈の葉別葉色値を測定している個体について追肥直前に SPAD 値を測定し、その後、3 日後、以後 7 日ごとに 5 週間（NB は 6 週間）連続して測定した。SPAD 値は両品種とも各区 1 個体につき葉身の中央部の中肋の左右各 3 箇所合計 6 箇所、3 個体総計 18 箇所について測定した。

3. 出穂並びに出穂期の群落の受光態勢調査

出穂調査は生育追跡調査を行っている各区の 3 株、2 反復について出穂開始日から出穂終了日まで毎日出穂数を数えた。

出穂期（50%出穂）に群落の生産構造の調査を行った。群落内の日射量の測定は、各区の中央部付近に Sunflech Ceptometer（Decagon 社製）を設置して地上 10 cm の高さから群落上まで 10 cm 間隔で行った。測定は午前 9 時から午後 3 時にかけて各区順次行い、それを 3 回繰り返して群落内の日射量を求めた。そして群落草冠上の日射量を 100 としてそれぞれの高さの相対日射量を算出した。日射量測定後各区から 1 株掘り取り、できる限り自然の立毛状態を保つようにして机上で横に倒し、イネ体を株元から 10 cm 間隔で切断し、緑葉、稈、穂、枯れ葉の 4 部位に分別した。

第 1 表 Manaw Thu Kha (MTK), コシヒカリ (KH), 日本晴 (NB) の追肥日。

品種	施肥区	2001年, 2002年(追肥)		2003年(追肥)	
		1 回目	2 回目	1 回目	2 回目
MTK, KH, NB	M1, M2	6.07(30)	7.06(60)	6.07(30)	7.06(60)
MTK	J1, J2	7.16(70)	7.30(84)	7.29(83)	8.10(97)
KH	J1, J2	6.25(49)	7.09(63)	7.02(56)	7.16(70)
NB	J1, J2	7.02(56)	7.16(70)	7.13(67)	7.27(81)

() 内は移植後日数を示す。

緑葉は自動面積計（林電工製 AAM-9 型）を用いて葉面積を測定した。その後、各部位を通風乾燥器で 70℃、3 日間乾燥させ、それぞれの乾物重を測定した。葉面積指数 (LAI) は 1 株葉面積と栽植密度から算出した。LAI と地上 10 cm 高の相対日射量から吸光係数 (K) を算出した。

4. 収穫物の分解調査

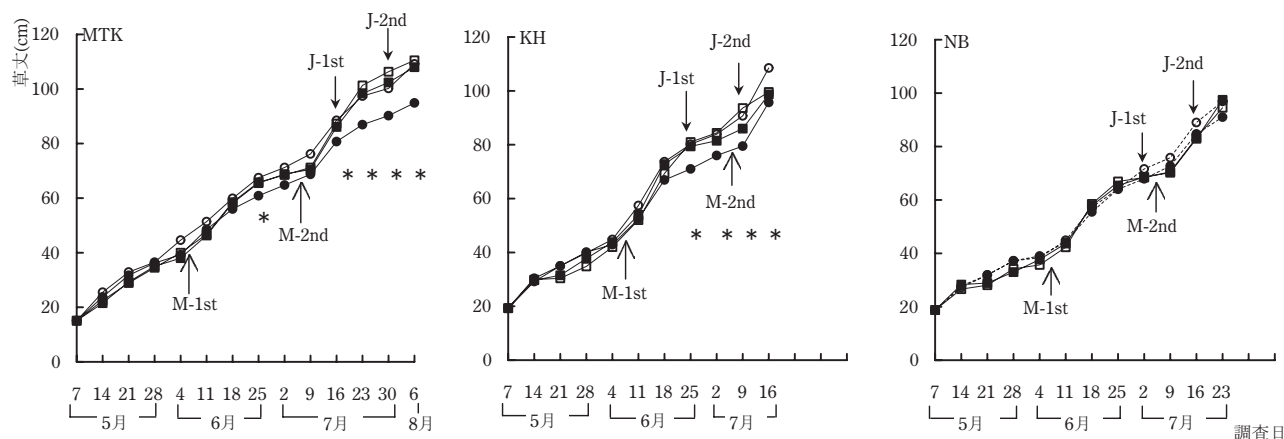
収穫は MTK が 10 月 4 日、KH は 8 月 26 日、NB は 9 月 3 日に行った。収穫後、生育追跡調査株を風乾し、分解調査に供した。分解調査は、1 株穂数、1 穂総粒数を調査後、稈実粒は比重 1.06 の塩水で精粒（完全粒）と不完全粒に分けた。完全粒は通風乾燥器で 50℃、24 時間乾燥させ、粒数とその重量を調査し、精粒 1000 粒重、登熟歩合を求めた。なお粒の水分含量は 11~12% であった。さらに、単位面積当りの穂数、粒数、精粒数、精粒重、もみわら比などを算出した。

結 果

1. 生育経過

試験を行った 3 年間のうち、2003 年は低温寡照の気候で分けつ数が少なく、出穂期が 9~10 日程度遅くなった点などは 2001、2002 年と異なったが、各試験区の生育経過、相対的關係は同じような傾向がみられたので、ここでは 2002 年の結果を中心に述べる。

M 区と J 区について MTK, KH, NB の移植から出穂までの草丈の推移を第 1 図に示した。M 区では、3 品種とも移植 30 日目の第 1 回追肥および 60 日目の第 2 回追肥後 10 日間で草丈が 17~19 cm 伸長した。また MTK では M 区と J1 区の草丈はほぼ同様の伸長経過であったが、J2 区は有意に低く推移した。KH も J2 区の草丈が他区に比べて劣る傾向がみられたが、NB では J2 区の草丈が劣ることはなかった。7 月 16 日には、KH の J1 区には既に出穂株が

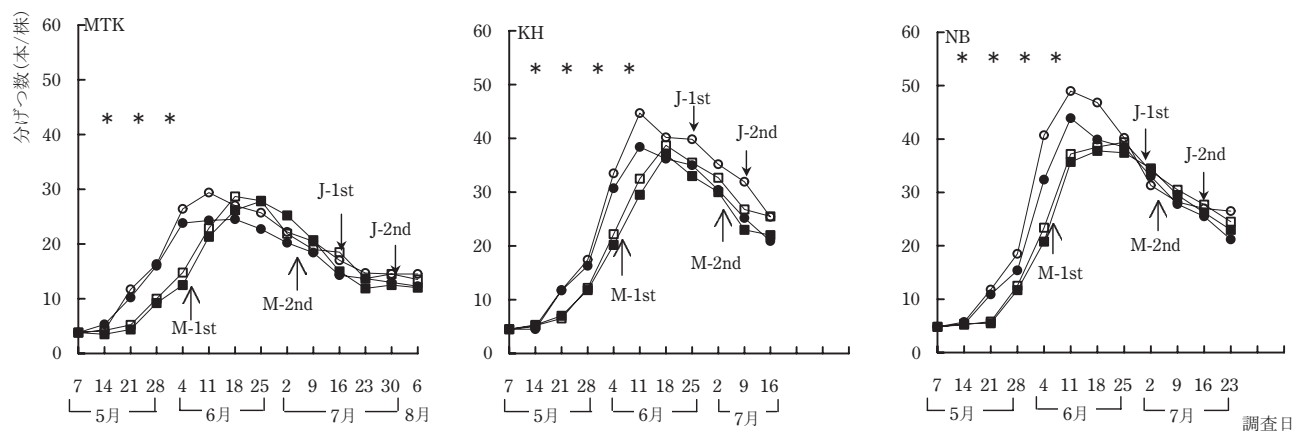


第 1 図 Manaw Thu Kha (MTK) とコシヒカリ (KH), 日本晴 (NB) の M 区と J 区における移植から出穂までの草丈の推移 (2002).

□ : M1, ■ : M2, ○ : J1, ● : J2.

M-1st, M-2nd, J-1st, J-2nd は M, J 区の 1 回目と 2 回目の追肥時期を示す。

*印は Tukey-Kramer Test 検定により施肥区間に 5% 水準で有意差があることを示す。



第 2 図 Manaw Thu Kha (MTK) とコシヒカリ (KH), 日本晴 (NB) の M 区と J 区における移植から出穂までの分けつ数の推移 (2002).

□ : M1, ■ : M2, ○ : J1, ● : J2.

M-1st, M-2nd, J-1st, J-2nd は M, J 区の 1 回目と 2 回目の追肥時期を示す。

*印は Tukey-Kramer Test 検定により施肥区間に 5% 水準で有意差があることを示す。

第2表 Manaw Thu Kha (MTK), コシヒカ (KH), 日本晴 (NB) の移植から最高分げつ期および出穂までの日数と主稈葉数に及ぼす施肥法の影響 (2002).

品種	施肥区	最高分げつ数	最高分げつ期までの日数	移植から出穂までの日数	主稈葉数
MTK	M1	28.7a	45.5a	97.5ab	17.2a
	M2	27.8a	45.5a	98.5a	17.3a
	J1	29.4a	37.3b	95.0c	17.4a
	J2	24.5b	39.6b	96.0b	17.0a
KH	M1	38.7b	43.2a	73.5a	14.0a
	M2	37.0b	42.0a	74.0a	14.0a
	J1	44.7a	35.0b	70.0b	14.9a
	J2	38.4b	37.0b	70.0b	14.4a
NB	M1	39.4c	43.0a	83.0a	15.6a
	M2	37.4c	44.3a	83.0a	15.8a
	J1	49.0a	38.5b	81.0a	15.8a
	J2	43.9b	38.5b	81.0a	15.3a

各品種内の異なるアルファベットを付した数値間に5%水準で有意差があることを示す。

あり、それが影響したのか他区より草丈は有意に高かった。

1株当たりの分げつ数の推移を第2図に、主稈葉数、最高分げつ数、最高分げつ期までの日数および出穂開始日までの日数を第2表に示した。MTK, KH, NBとも分げつ数は移植後1ヵ月間はM区がJ区よりも有意に少なく推移した。M区では1回目の追肥後MTKの分げつ数が急増して6月18日にはJ1区と同レベルになったが、KH, NBは

増加したもののJ1区には及ばなかった。最高分げつ数はMTKではJ2区が他の3区よりもやや少なかったが各区とも25~29本であった。KHのM区は38.7と37.0本で、J1区の44.7本に比べ有意に少なく、NBも同様の傾向が見られた。移植から最高分げつ期までの所要日数は3品種ともM区の方がJ区よりも約7日長かった。出穂開始日までの日数もMTKで約2日、KHで約4日長く、それぞれ有意差が認められた。これに対して、NBは有意差はなかったもののM区が約2日長く、各品種ともM区で出穂が遅れた。なお、主稈葉数に施肥法の違いによる影響はみられなかった。

2. 主稈葉の葉色の変化

3品種の主稈葉の葉色はM1区とM2区、J1区とJ2区で同様の傾向がみられたのでM1区、J1区の主稈葉の葉位別葉色値を第3表に示した。M1区のMTKは第7葉から第10葉の葉色値が約3.5で、4.5~5.2のKH, NBと比較して有意に低かった。第1回目の追肥後出葉した第11~13葉でも、葉色値は上昇したもののMTKの値は依然としてKH, NBよりも有意に低く、2回目の追肥後に出葉した第14葉から同程度になった。J1区ではMTKの葉色値は第14葉目まではKHと比較して有意に低く、2回目の追肥後に出葉した第15葉から同程度となった。すなわち、基肥

第3表 Manaw Thu Kha (MTK), コシヒカリ (KH) と日本晴 (NB) のM1区とJ1区における第7葉から止葉までの主稈葉の葉色値 (2002).

品種	施肥区	葉位											
		7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
MTK	M1	3.5c	3.3b*	3.5b*	3.5b*	4.5b	4.3b	4.2b	5.0a*	4.9a*	4.9a	4.5	4.5
		4.8a	5.0a	4.8a*	5.2a	5.5a	5.3a	5.5a	5.5a				
		4.5b	4.8a	4.5a*	4.8a	5.2a	5.1a	5.0a	5.3a	5.0a	5.0a		
KH	J1	4.0b	4.3c	4.3b	4.3b	4.5b	4.5c	4.4b	4.3b	5.3a	5.3a	5.0	5.0
		5.0a	5.0b	5.5a	5.5a	5.3a	5.4a	5.5a	5.5a	5.5a			
		5.0a	5.3a	5.3a	5.3a	5.0ab	4.9b	4.9ab	5.0ab	5.0a	5.0a		

各品種内の異なるアルファベットを付した数値間に5%水準で有意差があることを示す。

*を付した数値は同一品種間でM1区とJ1区の間に5%水準で有意差があることを示す。

葉色値を水稻用FHK葉色カラースケール (富士平工業 (株))を用いて測定した。

第4表 Manaw Thu Kha (MTK) と日本晴 (NB) のM区における2回目の追肥後のSPAD値の推移 (2002).

品種	施肥区	展開完了日	追肥日	追肥後の日数							
				0	3	7	14	21	28	35	42
MTK	M1	7.06	7.06	32.5a B	36.8a A	38.8 b A	37.9b A	37.9b A	37.6b A	30.5b B	-
	M2	7.05	7.06	32.6a B	36.8a A	38.8 b A	37.6b A	37.6b A	36.6b A	32.6b B	-
NB	M1	7.07	7.06	33.0a C	36.1a B	40.8a A	40.4a A	40.4a A	39.3a A	37.2a A	34.0 BC
	M2	7.06	7.06	32.8a C	36.7a B	41.3a A	40.9a A	40.9a A	40.4a A	38.2a A	35.6 BC

異なる大文字のアルファベットを付した数値は同一品種の各行内の追肥後の日数間で5%水準で有意差があることを示す。

異なる小文字のアルファベットを付した数値は品種間で5%水準で有意差があることを示す。

- は葉が枯れて測定できないことを示す。

NBの出穂始: 7月28日(追肥後22日目), 出穂期7月31日(25日目), 出穂終8月6日(31日目)。

MTKの出穂始: 8月11日(追肥後35日目)。

SPAD値はSPAD-502型クロロフィルメータ(ミノルタ社製)を用いて中央部の中肋の左右各3箇所の6箇所を3個体について測定した。

が施されていても、MTKの葉色値はKH, NBより低かった。

3. 第14葉の葉色の推移

ほぼ同時期に展開完了したM1区, M2区のMTKとNBの第14葉のSPAD値の推移を第4表に示した。MTK, NBともに追肥3日後には追肥前より有意に上昇し, 7日後にはMTKは38.8, NBは40.8~41.3に急上昇した。しかし, MTKは, その後すぐに低下をはじめ, 35日目には追肥直前と同程度まで低下し, 42日目には枯死した。他方, NBは35日目まで高い水準を維持し, 42日目にはじめて減少がみられたが, 追肥前の水準を保っていた。なお, NBは35日目には出穂が終了していた。

4. 群落の受光態勢

MTK, KH, NBの3品種の全ての区についてLAIとKを第5表に, M1区のMTKとNBの生産構造図を第3図に,

第5表 Manaw Thu Kha (MTK), コシヒカリ(KH)と日本晴(NB)の4施肥区における出穂期の葉面積指数(LAI)と吸光係数(K) (2002)。

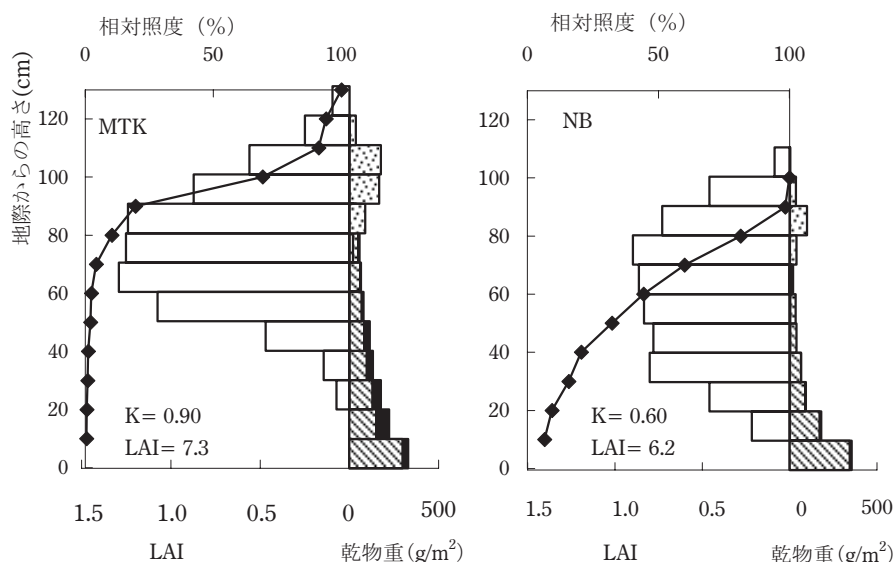
施肥区	品種	LAI	K
M1	MTK	7.3	0.90
	KH	6.9	0.58
	NB	6.2	0.60
M2	MTK	7.0	0.72
	KH	6.0	0.48
	NB	5.3	0.58
J1	MTK	7.7	0.78
	KH	5.6	0.49
	NB	5.4	0.60
J2	MTK	4.6	0.70
	KH	5.1	0.42
	NB	4.7	0.57

それぞれ示した。MTKの群落高は約120 cm, NBは約100 cmであった。葉面積の垂直分布をみるとMTKでは地上から60~90 cmの層で特に大きく, NBでは30~80 cmの広い層にわたって比較的均等に分布していた。MTKは40 cmから下層に, NBは10 cm以下に葉身はほとんど分布していなかった。群落内の相対日射量はMTKでは地表100 cm高までの減少率は小さいが100~70 cmの層で急激に減少し, 地上10 cmの位置ではわずか0.2%となった。NBの相対日射量は上層から地上40 cm高にかけて連続的に減少し, 地上10 cmの高さで2.8%であった。葉面積の垂直分布と群落内の相対日射量の減少曲線は他区も類似の様相を呈した。

LAIはJ2区を除くとMTKが7.0~7.7, KHが5.6~6.9, NBが5.3~6.2とMTKが大きかった。一方, J2区では4.6~5.1で3品種ともほとんど変わらなかった。施肥区間ではMTKはJ1区, M1区, M2区の順に大きかったがKHとNBではM1区がM2区とJ1区より約1大きく窒素施肥量の少ないJ2区が小さかった。Kについてみると, MTKが0.70~0.90と最も大きく, 受光態勢が悪かった。KHは0.42~0.58で供試3品種の中では受光態勢が最も良く, NBは0.57~0.60と両品種の間であった。施肥区間のKの値は, MTK, KHはM1区が他の3区より大きかったが, NBは各区ともほとんど変わらず施肥法の違いによる差は小さかった。

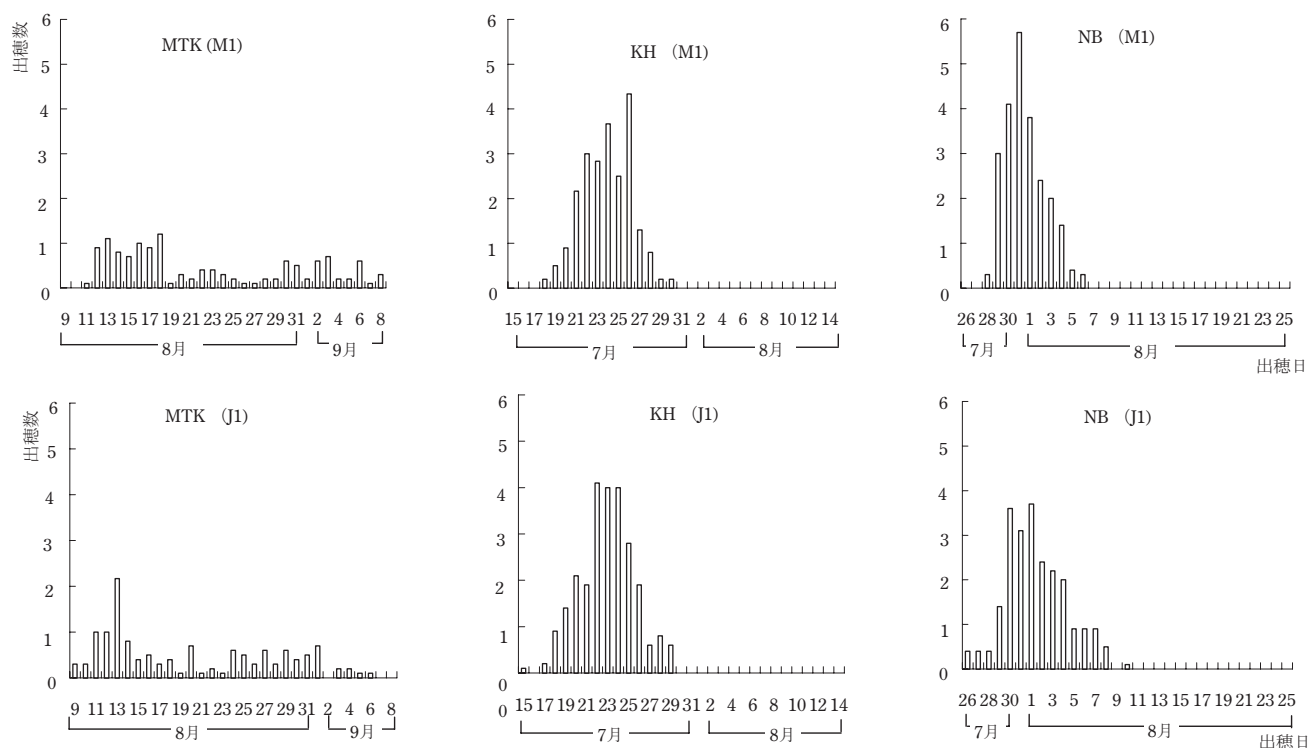
5. 出穂経過

出穂経過は供試3品種ともM1区とM2区, J1区とJ2区はともにほぼ同様の結果を示したので, ここでは各品種ともM1区, J1区について出穂開始から出穂終了まで1日当りの出穂数の推移を第4図に示した。MTKのM1区の出



第3図 Manaw Thu Kha (MTK)と日本晴(NB)のM1区における出穂期の生産構造図 (2002)。

□: 葉面積, ▨: 葉鞘および稈, ■: 枯死部, ▩: 穂。



第4図 Manaw Thu Kha (MTK), コシヒカリ(KH), 日本晴(NB)のM1区とJ1区における1株あたりの出穂数の経日変化(2002).

穂開始日は8月11日でJ1区の8月9日より2日遅く、出穂期は8月18日、出穂終了日は9月8日と、ともにJ1区よりも2日遅かった。KHのM1区の出穂開始日は7月18日でJ1区の7月15日より3日遅く、出穂期は7月23日、出穂終了日は7月30日といずれも遅かった。NBはM1区の出穂開始日は7月28日でJ1区の7月26日より2日遅かったものの出穂期、出穂終了日はJ1区よりもむしろ早かった。

出穂経過についてみるとMTKはM区、J区ともに出穂開始後5日目頃に大きな、そして21日目頃には小さな2回の出穂のピークがみられ、出穂期間は29日を要した。これに対して、KHはM区では出穂期間は13日間、J区では15日間で、MTKよりともに2週間以上短く、8～9日目頃に出穂のピークがみられた。NBは4～6日目頃に出穂のピークがみられ、出穂期間はM区は10日間、J区は16日間でM区がJ区よりも6日短かった。

6. 収量ならびに収量関連形質

2001～2003年の3年間を通して同様の傾向が認められたので、ここでは2002年の供試3品種の収量および収量関連形質について第6表に示した。

1株穂数を比べるとMTK、KHではM1区、J1区がM2区、J2区より有意に多かったが、NBではJ2区のみ少なかった。1穂粒数はMTKではM2区がM1区、J1区より有意に多かったが、KHとNBのM2区は他区と差はみられなかった。登熟歩合は、MTKが各施肥区ともKHやNBよりも20%

～30%低かった。MTKではM2区、J1区、J2区は同程度であったが、M1区のみ有意に低かった。KHはM2区、J2区が、NBはJ2区がそれぞれ有意に高かった。しかし、NBではM1区、M2区も80%以上で高かった。籾1000粒重は3品種とも施肥区間に差はみられなかった。以上を単位面積(1m²)当たりの値で比較すると、穂数は3品種ともJ1区が490～510本で他区より有意に多かった。総粒数はMTKではM2区、J1区が約5.6万粒で有意に多く、次にM1区であった。KH、NBではJ1区の総粒数がそれぞれ約4.1万粒と約3.7万粒で、M1区とM2区よりも有意に多かった。窒素の少ないJ2区では3品種とも有意に少なかった。籾1000粒重の小さいMTKはKHやNBに比べて粒数は30～50%多かった。1m²当たりの精粒重をみると、MTKではM2区、J1区が約560gでM1区、J2区より有意に多かった。KH、NBではJ1区が700g以上でM1区、M2区の680～690gより有意に多かった。J2区は627～629gでJ1区より有意に低かったものの、MTKと比べると収量の多かったM2区、J1区の約560gよりも約60g(約11%)多かった。

もみわら比はMTKが0.53～0.62、KHが0.80～0.86、NBが0.72～0.83で各品種とも処理区間で差はみられなかったが、MTKのもみわら比は日本品種に比べて有意に小さかった。有効茎歩合はMTKではM2区がやや低かったものの他の3施肥区は同程度でありKH、NBはM区がJ区よりも高い傾向がみられた。

第6表 Manaw Thu Kha (MTK), コシヒカリ (KH), 日本晴 (NB) の収量と収量関連形質に及ぼす施肥法の影響 (2002).

品種	施肥区	1株穂数	1穂粒数	穂数/m ²	総粒数/m ²	1株精粒重	登熟歩合	粒1000粒重	精粒重/m ²	有効茎歩合	もみ わら比
					(g)	(%)	(g)	(g)	(%)		
MTK	M1	13.2a	109.2 b	475b	51870b	13.1b	53.4b	17.0a	471c	46.0a	0.53b
	M2	11.5b	134.9a	414c	55849a	15.5a	57.2a	17.5a	559a	41.4b	0.61a
	J1	14.2a	109.4 b	511a	55903a	15.6a	57.9a	17.4a	563a	48.3a	0.62a
	J2	11.7b	113.2ab	421c	47675c	13.7b	58.9a	17.6a	494b	47.8a	0.59a
	平均	12.7B	116.7A	455A	52824A	14.5B	56.5C	17.4C	522B	45.9B	0.59B
KH	M1	23.8a	83.0a	476a	39508ab	34.2a	75.5b	22.9a	683b	61.5a	0.84a
	M2	21.5b	84.1a	430b	36163b	34.3a	79.0a	24.0a	686b	58.1a	0.82a
	J1	24.5a	83.2a	490a	40768a	35.3a	75.6b	22.9a	706a	54.8b	0.86a
	J2	20.5b	82.8a	410b	33948c	31.5b	80.2a	23.1a	629c	53.4b	0.80a
	平均	22.6A	83.3B	452A	37597B	33.8A	77.6B	23.2B	676A	57.0A	0.83A
NB	M1	23.3a	71.7a	466b	33412b	34.6a	82.4b	25.1a	691b	59.1a	0.83a
	M2	22.7a	72.7a	454b	33006b	34.7a	83.6b	25.1a	693b	60.7a	0.81a
	J1	25.5a	73.3a	510a	37383a	36.3a	78.9b	24.6a	726a	52.0b	0.87a
	J2	20.0b	73.5a	400c	29400c	31.4b	86.3a	24.7a	627c	45.6c	0.72b
	平均	22.9A	72.8C	458A	33300B	34.2A	82.8A	24.9A	684A	54.4A	0.81A

異なる大文字のアルファベットを付した数値は品種ごとの平均値間で5%水準で有意差があることを示す。

異なる小文字アルファベットを付した数値は同一品種の処理区間で5%水準で有意差があることを示す。

考 察

MTK のエヤワディーデルタ地域における栽培農家の調査結果をふまえ尿素追肥主体のミャンマーの施肥法と日本の3要素を基肥と追肥に分施する方法で MTK と日本の KH, NB の生育・収量性を比較・検討した。

1. 移植から出穂期までの生育経過

本実験では MTK の播種から出穂期までの日数は 116 日であった。ミャンマーにおける日数は 6 月 20 日播種で 110 日 (入江ら 2003) であり、5 月の田植え後の気温がミャンマーに比べ低いことや 6~8 月の日長が長いなどの生育条件に違いがあっても、出穂までの生育期間はミャンマーと大差なかった。

MTK も日本の供試 2 品種も M 区は J 区に比べて、主稈葉数と出葉速度にはほとんど差がみられないにもかかわらず、分げつの発生が遅く、最高分げつ期が約 1 週間、出穂期も 2 日ほどそれぞれ遅くなった。基肥を与えないミャンマーの施肥法は、分げつの発生が遅く、出穂も遅れる傾向にあることが判明した。ミャンマーの調査農家では苗代期に 1.2 kg/10 a の尿素を施していた (Aye・森田 2003)。これは、本田では基肥としてマメ茎などの有機物を施すのみで化学肥料を用いないことへの対応と考えられる。江原ら (1992) は、移植前高窒素濃度処理区では草丈の伸長には大きな影響を与えないが、分げつ数の増大に対して効果を有し、増加した分げつは有効化する低次分げつであることを明らかにした。また、その効果は移植直後 3 週間程度持続し、初発分げつが早まると述べているが、本実験では、育苗中の苗に窒素を施すことはしなかった。しかし、用いた育苗培土には土壌 20 kg 当たり窒素 6 g が含まれ、ミャンマーの苗代期に与える窒素量より多いと考えられるが、M

区では基肥を施した J 区よりも分げつの発生は遅れた。M 区は 1 回目の追肥が J 区の最高分げつ期に当たったこともあり、追肥によって分げつが急増したため、結果として最高分げつ期が遅れたものと考えられる。

また、M 区では 1 回目の追肥によって、MTK の分げつ数は J 区と同程度まで増加したが、日本の 2 品種は分げつの発生が遅れるのみならず、最高分げつ数は J 区よりも 15~20% 少なかった。追肥時の葉齢指数は、MTK と NB はともに約 60 で、生育段階は同程度と考えられが、追肥に対する分げつ反応が品種間で異なった理由は不明で、さらに検討が必要である。

2. 葉色の推移

葉色は作物体の窒素栄養状態を表し、分げつは体内窒素含量に影響を受けるといわれている。MTK の M1 区における主稈葉の葉色は、活着後の第 7 葉から第 1 回追肥の第 10 葉まで J1 区に比べて明らかに淡く、KH や NB も有意差はないが M1 区の葉色値が低かった。すなわち、各品種とも基肥を施さなかったことの影響が葉色に顕著に現れており、葉色からも M1 区に分げつ発生が劣ることが推察された。最高分げつ期頃までのインド型イネ体の窒素量は指数関数的に増加する (Wada ら 1989) ことから、初発分げつを早め、低位節の強分げつを増やすためには、1 回目の追肥時期を早めるか基肥を施すなどの施肥法の改善が必要である。ただ、基肥に窒素を 6 kg 施している J1 区においても、MTK の葉色値が 2 回目の追肥が行われた第 14 葉まで KH, NB よりも低かったことは MTK の特徴と考えられる。

3. 出穂期間

MTK の出穂開始から出穂終了までの所要日数は 29 日間と、KH や NB の約 2 倍の長さを要したことが特徴であった。

これは M 区, J 区とも同様の傾向を示した。この長期にわたる出穂の経過をみると、出穂開始 5 日目頃に大きなピークが、そして 21 日目頃に小さなピークがあり、このことが MTK の出穂期間を長くする要因であった。熱帯地方では 2 つの山を有する品種もあることやインド型改良品種では 35 日程度、在来型では 40 日前後と非常に長い日数を要する品種があるとの指摘もあり (江原ら 1988)、それらに比べると必ずしも長くはなかった。しかしながら、籾の登熟日数はインド型のほうが日本型よりも短い (Osada ら 1983) ことから、MTK の長い出穂期間は株内の 1 穂ごとの熟期に大きなばらつきの生じることによる品質の低下が懸念された。

4. 出穂期の群落構造

出穂期に群落の層別刈取により葉面積と相対日射量を測定し、受光態勢を調査したところ、MTK の LAI は、7.0 ~ 7.9 で窒素肥料がほぼ同量の M1 区、M2 区と J1 区の日本品種と比べても、また、ミャンマーでの栽培成績は LAI が 3.1 ~ 5.4 (Tun Winn ら 2002) であることと比べても大きかった。MTK の LAI が大きいのは、窒素施肥量以外にも栽植密度が 36 株と KH, NB の約 1.5 倍あること、草丈が高いこととも関係があろう。一方、窒素施肥量の少ない J2 区での LAI は 4.6 で NB や KH と同じかやや小さく、日印交雑種は日本イネに比べて窒素施肥により茎葉、特に葉身が繁茂しやすい (丸山ら 1988) ことから、MTK は窒素施肥量の多少によって LAI が大きく変動することが推察された。比較に用いた KH, NB は M 区が J 区よりやや大きい傾向がみられたが、施肥法は違っても LAI の変動は小さく、丸山ら (1988) の結果と同じ傾向を示した。

MTK の吸光係数 (K) は KH, NB よりも大きく、LAI が約半分の J2 区の K と比べても大きかった。MTK の草型は KH や NB と比べて光利用率が悪く、施肥法を変えても受光態勢を変えることは難しいと考えられた。

5. 出穂後の葉色の推移

MTK の M 区の 2 回目の追肥は NB と同様、第 14 葉が完全展開した時期であった。両品種の生育段階は、MTK は葉齢指数 78、出穂 33 日前の幼穂分化直前、NB は葉齢指数 88、出穂 18 日前の花粉母細胞分化始期であった。第 14 葉の SPAD 値の経時的測定では、追肥時の両品種の SPAD 値は約 32 で、インド型イネの幼穂分化期の SPAD 値の目安 32 以下 (Balasubramanian ら 2000) と一致していた。MTK の SPAD 値は追肥後 1 週間で約 39 にまで急上昇したが、6 週目には全体が黄化した。一方、NB は 6 週目でも追肥時と同程度の値を示し、成熟期まで長期間緑色を保持し、両品種の第 14 葉が黄化する期間には大きな差がみられた。改良インド型イネ出穂後の葉の老化は中生系統では早いこと (Wada・Wada 1991)、止葉の SPAD 値の低下率はインド型品種で大きく、日本型品種では小さいこと (Miah

ら 1996)、NB の生殖成長期の葉身生存日数は約 60 日で、寿命が長いこと (延・太田 1973) などが明らかにされており、本実験の第 14 葉の SPAD 値の推移も同じ傾向を示した。インド型イネは日本型イネに比べて出穂期以降、土壌からの窒素吸収量が強い (Islam ら 1996) とはいえ、MTK の出穂期以後に出葉する葉も KH や NB と比べて老化が早く、寿命も短いことが推察された。

6. 収量関連形質

各年とも収量構成要素のうち、1 株穂数は J1 区が多く、1 穂粒数は M2 区が多かった。本実験において、MTK と日本の 2 品種は栽植密度が異なるため、1 株穂数、1 穂粒数の比較は難しいが、MTK の登熟歩合は M 区、J 区とも 53 ~ 58% で、KH の平均 78%、NB の 81% より明らかに低かった。この差が日本品種に比べて MTK の収量が低い原因のひとつであった。MTK はミャンマーでは約 75% の登熟歩合が得られている (Thein Win ら 2002)。本実験で MTK の登熟歩合が低かった原因としては、前述した出穂期の受光態勢が悪いこと、出穂期間の長いことや、葉色の測定から判断されるように出穂期以降の葉の寿命が短いことなどがあげられる。さらに、三重県における成熟期の気温の低下も影響したものと考えられる。酷暑年であった 2002 年は 9 月中旬までは 25℃ 以上の日が多く、収穫前 20 日間の日平均気温の平均は 21.7℃ であった。熱帯稲は登熟期の月平均気温が 24.8 ~ 29.8℃ の範囲では気温が低いほど登熟や収量は良好との報告 (Osada ら 1983) もあるが、本実験における登熟中の気温はこの範囲より低く、低温が登熟歩合に影響したと考えられる。

また、本実験では栽植密度が 36 株/m² の M 区における MTK の m² 当り粒数は 5.2 ~ 5.6 万粒、窒素施肥量が 5.5 kg の J2 区でも 4.8 万粒に達した。窒素施肥量を増加させると穎花数に対する葉身重の相対的増加割合は日本稲より大きく、もみわら比を低下させる (丸山・田嶋 1988) との指摘があるように、1000 粒重が小さいとはいえ 5 万粒以上の粒数の多さも登熟歩合を低下させる要因になり得ると考えられる。一方で、ミャンマーで既に行われているリン酸を追肥する M2 区の MTK は 1 穂粒数が多く、登熟歩合は M1 区より有意に高く、J 区と同程度であった。2 回目の追肥は MTK の出穂始 33 日前の幼穂形成期直前であった。幼穂形成期直前のリン酸追肥は粒数を増加し、登熟歩合を高めるという報告 (三宅 1992) があることから、リン酸の追肥効果が期待されたので、3 要素施肥との経済性の比較を含め、リン酸の追肥についてさらに検討する価値があると思われる。

以上から、MTK は出穂期間が長く品質の低下が懸念される性質に加えて、ミャンマーの一般的な施肥法では葉身が繁茂し出穂期の LAI が大きく、受光態勢が悪いことや窒素量割に葉色が淡く葉の寿命が短いことにより登熟歩合を低下させ、総粒数は十分確保されているのに収量に結びつか

ない様相が明らかとなった。

引用文献

- 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.
- Balasubramanian, V., A.C. Morales, T. M. Thiagarajan, R. Nagarajan, M. Babu, S. Abdulrachman, L. H. Hai 2000. Adaptation of the chlorophyll meter (SPAD) technology for real-time N management in rice: a review. IRRN 25, 1: 1-8.
- 江原宏・土屋幹夫・高村奉樹・S. Solahuddin 1988. インドネシア西ジャワ州における栽培稲の生育および生産特性. 日本作物学会中国支部研究集録 29: 12-13.
- 江原宏・土屋幹夫・内藤整 1992. 水稻苗に対する移植直前の高窒素濃度処理が生育と収量に及ぼす影響. 日作紀 61: 1-9.
- 入江憲治・Khin Aye・長峰司・藤巻宏・菊池文雄 2003. ミャンマーにおけるイネ地方品種の出穂期の品種間変異. 熱帯農業 47: 198-205.
- Islam, N., S. Inanaga, N. Chishaki and T. Horiguchi 1996. Comparison of nitrogen utilization between japonica and indica rice varieties. Jpn. J. Trop. Agr. 40. 68-72.
- 国際農林業協力協会 1997. 熱帯の稲の品種生態. 熱帯作物要覧 No. 24: 191-193.
- 丸山幸夫・柊木信幸・田嶋公一 1988. 日本稲およびインド稲の窒素に対する生育反応. 第1報 窒素施肥によるわら重と穎花数増加の品種間差異. 日作紀 57: 470-475.
- 丸山幸夫・田嶋公一 1988. 日本稲およびインド稲の窒素に対する生育反応. 第2報 窒素施肥による稈伸長および葉面積増加の差異. 日作紀 57: 692-698.
- 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. Jpn. J. Crop Sci. 65: 672-685.
- Ministry of Agriculture and Irrigation, The Government of the Union of Myanmar 1999. Information on Myanma Agriculture. 1-35.
- Ministry of Agriculture and Irrigation, The Government of the Union of Myanmar 2000. Facts about Myanma Agriculture. 1-30.
- 三宅靖人 1992. 水稻の生育収量に対するリン酸の追肥効果. 農業および園芸. 67: 1119-1122.
- ミャンマー農業灌漑省 1999a. ミャンマー産イネ品種の特徴. 1-17. (ミャンマー語)
- ミャンマー農業灌漑省 1999b. 多収量化の施策. 1-23. (ミャンマー語)
- Osada, A., Y. Ishizaki and S. Suzuki 1983. Difference in the number of days for ripening of grains between japonica and indica rice varieties. Japan. J. Trop. Agr. 27: 59-65.
- Si Si Myint, Khin Maung Nyunt, Hla Ko Ko 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 held in 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 held in Yangon. 154-157.
- Tun Winn, Laberty, Htay Htay Myint and Htein Lin 2002. Study on potential growth and yield of two different HYVs at various plant spacings in rainfed lowland rice of Myanmar in the wet season. Proceedings of the annual research conference held in Yangon. 150-154.
- Wada, G., Darryl V. Aragones and Rowena C. Aragones 1989. Nitrogen absorption pattern of rice plant in the tropics. Jpn. J. Crop Sci. 58: 225-231.
- Wada, Y. and G. Wada 1991. Varietal difference in leaf senescence during ripening period of advanced Indica Rice. Jpn. J. Crop Sci. 60: 529-536.
- 延圭復・太田保夫 1973. 水稻葉の葉位別葉緑素含量と切断葉片の葉緑素保持力の生育に伴う消長. 日作紀 42: 6-12.

Growth and Yield Characteristics of Manaw Thu Kha, a Myanmar Rice Cultivar, Influenced by the Kind of Chemical Fertilizer and its Application Method : Aye Aye Han, Teruhisa UMEZAKI, Hiroshi EHARA, Yuichi NAGAYA and Osamu MORITA (*Fac. of Bioresources, Mie Univ., Tsu, Mie, 514-8507, Japan*)

Abstract : The growth and yield of Manaw Thu Kha (MTK), a high yielding rice cultivar in Myanmar, were studied in comparison with those of Japanese cultivars, Koshihikari (KH) and Nipponbare (NB). Four fertilization plots M1, M2, J1 and J2, were set in the field of Mie University and the study was conducted from 2001 to 2003. The M1 plot was top-dressed with urea of 11.4kg N/10a in total, at 30 and 60 days after transplanting (DAT) without basal dressing. The M2 plot was fertilized in the same way as in the M1 plot but with additional application of 2.2kg/10a of P_2O_5 at 60 DAT. The J1 plot was supplied with compound fertilizer at 6kg N/10a as basal dressing and top-dressed two times each with 2.5kg N/10a. The J2 plot was supplied with half amount of fertilizer used for the J1 plot. The plant length in M plots (M1 and M2 plots) increased rapidly for 10 days after topdressing with urea. Tillering of all the cultivars in M plots was later than that in J plots (J1 and J2 plots). The maximum tiller number of MTK was lower in the J2 plot but nearly the same in M and J1 plots. On the other hand, the maximum tiller number of KH and NB was higher in J plots than in M plots. Leaf color value of the 13th to 14th leaves from the base on the main culm was lower in MTK than in KH and NB both in M and J plots. The SPAD value of the 14th leaf of MTK rapidly decreased from the 5th week after topdressing, but that of NB remained nearly constant even after the 6th week after topdressing. The heading period of MTK was longer than that of KH and NB in both M and J plots showing two peaks of heading. The leaf area index and light extinction coefficient at heading was higher in MTK than in NB. Thus, light-interception characteristic of MTK was inferior to that of NB. In MTK, the number of panicles was greater in the M1 plot than in the M2 plot, but the number of grains per panicle and filled grain percentage were higher in the M2 plot than in the M1 plot.

Key words : Heading characteristics, Leaf area index, Leaf color value, Light extinction coefficient, Manaw Thu Kha, Method of fertilization application, Yield.
