

森林・農業班 B

北ラオス・ベン川流域における水田稲作と焼畑稲作の収量比較
 松田 晃・タテバ サパントーン・間藤 徹 (京都大学農学研究科)

キーワード: 収量構成要素、水田稲作、土壌、焼畑稲作、ラオス
 調査期間・場所: 2003年10月18日～29日、ウドムサイ県ベン川流域

Comparison of yield components of paddy and upland rice harvests along Beng river northern Lao

Akira MATSUDA, Thatheva SAPANGTOHONG, Toru MATOH
 (Graduate School of Agriculture, Kyoto University)

Keywords: Laos, paddy rice, soil, upland rice, yield component.
 Research Period and Site: 2003, October 18-29, Beng river

1. はじめに

ラオス北部は山がちで焼畑によって陸稲が栽培されている。熱帯アジアでは短期間の作付の後に長期間の休閑を行うことによって安定的な焼畑耕作が行われてきた。しかし人口増加によるコメの需要増加によって休閑年数が短縮されてきた [Kyuma, 1989]。ラオスにおいても例外ではない。焼畑で栽培されているイネ品種は在来品種で化学肥料や農薬はほとんど用いられていない。休閑期間の短縮が陸稲生産に与える負の影響として、生物多様性の喪失、表土流亡、土壌劣化、生産性の低下などが考えられる。焼畑の拡大を制限しつつ増加する人口を支えるためには水田を集約的に利用したり、焼畑の一部を常畑化して土地生産性を高める必要がある。本研究ではラオス北部の中でも焼畑面積が大きい県のひとつであるウドムサイ県のベン川流域で、低地水稲作の生産性を同一集水域の焼畑陸稲作の生産性と比較しようと考えた。本報告は2001年11月、2002年9月、2003年10月の3回にわたる調査をまとめたものである。

2. 調査と分析の方法

1) 調査地域の概要と調査地

ベン川は延長約120km、ウドムサイ県の中央部を南西に流れメコン川に注いでいる。その全集水域はウドムサイ県の南西部を占め、行政区は上流からベン Beng, フン Houn, パックベン Pakbeng の三つの郡からなる。今回は水田が多いベン、フン郡で調査を行った。

図1に調査地点を示した。調査を行った村は上流から下流に向けて、ナパタイ Napa Tai、ナメット Namet、サムカン Samkang、ムアンフン Meuong Houne、ウドム Oudom である。この地域はモンスーン気候下であり5月から9月までの雨期と10月から4月

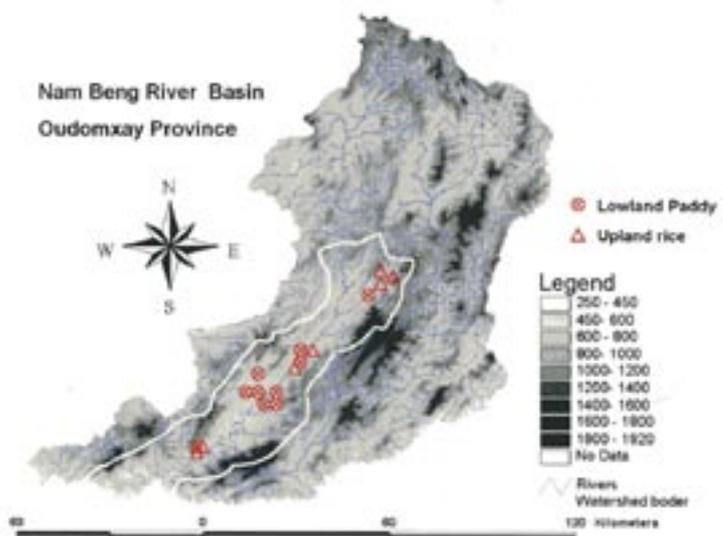


図1 ベン川流域と試料採取した水田、焼畑の位置

までの乾期をもつ。平均的な年間降水量は 1400 mm である。土壌はナパタイからサムカンにかけては Ferric Alisols, Haplic Acrisols (東側丘陵に分布) が主であるがムアンフンからウドムにかけては Calcaric Cambisols が主である。

2) 調査方法

(1) 調査区の設定と立毛調査

1 地点につき 3m² (1.5 x 2 m) の長方形の調査区を 3 つ設けた。水田では一筆の対角線を 4 等分する場所を調査区とした。焼畑では当該地点で平均的な生育量の場所から 3 調査区を設けた。まず調査区内の株数を記録し、調査区毎に 10 株について、稈長、穂長、穂数を調査した。稈長は主稈の地際から穂首までの長さ、穂長は稈長を測定した稈の穂首から先の長さである。穂長には芒を含まないが調査したイネに芒のあるものはなかった。水稻については調査時期が遅かったため 8 地点のうち 4 地点で稈長、穂長を測定することができなかった。

(2) イネ植物体のサンプリングと分析

調査区のすべての株を地際から刈り取り、脱粒もみを回収するため穂をその場でネットに包んだ。試料はすべてビエンチャンの農業研究センター (ARC) に運び乾燥し部位別の重量を測定した。

風乾後、植物体の全重量を測定した。次に棒で叩いて脱穀し粗もみとわら重を得た。粗もみ重はしいなと穂軸や枝梗の一部を含む。唐箕 (とうみ) を用いて精もみを得、その千粒重、水分含量を測定した。これをもみすり機によって玄米とした。精もみの水分はサタケ Moistex SS-6 によって測定し、水分含有率を 14% として収量を計算した。

もみ、わらは風乾試料を縮分、105°C で乾燥した後、ウィレーミルで粉碎した。水稻もみは粉碎して、陸稲もみは籾全体を無機成分分析に供した。窒素はケルダール分解、水蒸気蒸留、インドフェノール法によって定量した。リンはケルダール分解液をアスコルビン酸還元モリブデンブルー法で定量した。カリウムは硫酸-硝酸分解、炎光分析によって定量した。

(3) 土壌の採取と分析

調査水田の作土層 (深さ 10cm まで) 5 カ所から土壌を採取した。五つのサブサンプルを混合して 1 地点につき 1 つのコンポジット試料とした。これを風乾し 2mm のふるいに通して分析に供した。

土壌分析は Kawaguchi et al. [1977] に準拠した。すなわち、全炭素：チューリン法、全窒素：ケルダール法、可給態窒素：30°C—4 週間湛水培養、全リン：過塩素酸抽出/モリブデン酸比色法、可給態リン：Bray 第 2 法、交換態カリウム：酢安抽出/炎光法、CEC：中性 1N CaCl₂ 緩衝液法、交換態 Ca+Mg：NaCl 抽出後 EDTA 滴定である。

3. 結果と討論

(1) ベン郡とフン郡の水稻作および陸稲作の概要

水稻、陸稲のいずれでも化学肥料、堆肥、農薬は使われていなかった。一部で耕作者から緑肥と呼ばれているナス科植物が乾期に栽培されていた。水稻、陸稲のいずれも栽培されていた品種はもち性の伝統品種であった。水稻でも陸稲でも一筆の圃場内に、あるいは隣接した圃場に、熟期の異なる複数の品種を栽培する機会がしばしばみられた。

水稻作は移植栽培が主であった。灌漑設備は十分に整っておらず調査田では乾期作は行われていなかった。平常年には 6 月から 7 月に育苗、7 月から 8 月に移植が行われ、11 月から 12 月かけて収穫される。穂は股下の高さで刈り取られ、刈り株の上に広げて数日乾燥され、その場で脱穀される。このため稲わらは持ち出されないが乾期には水牛が放牧される。トラクタはほとんど導入されていなかった。水田の区画は短冊形を基本とし、地形に合わせて畦が塗られていた。水田には小川から水をひいて田越し灌漑している場合が多かった。

一方、陸稲作の概要は以下のとおりであった。陸稲は傾斜地に焼畑方式で不耕起、無施肥で栽培されていた。平常年には 3 月に火入れ、4 月に播種、9 月から 10 月に収穫が行われる。イネは地面に棒で穴をあけて播種される。作付期間中に複数回、人手による除草が行われる。収穫の方法は基本的に水田の場合と同様で、脱穀までの作業がその場で行われ、収穫物はもみとして持ち出されていた。1 回の作付の後、2 年から 3 年の休閑期間がとられていた。

(2) イネの収量と収穫指数

収穫時の倒伏は水稲、陸稲ともに一部で見られた。病虫害は皆無または軽微であった。雑草はほとんど見られない場合から収量に影響したとみられる程度まで繁茂していた場合まで様々であった。優占していたのは、水田ではカヤツリグサ科 (Cyperaceae) の雑草、焼畑では広葉雑草であった。それぞれの調査地点における品種、草型、収量の特徴を表 1 に示した。調査水田、焼畑で栽培されていた水稲は Meuong Nga, I-to, Ta Kheat Pi の 3 品種、陸稲は Pa, Phet Pi, Phe Khao, Nam Bak, Phea, Dine の 6 品種で、すべてモチであった。稈長の平均値は水稲、陸稲ともに 1 m を超えたが、水稲のほうが長い傾向にあった。逆に穂長は陸稲で長い傾向にあった。収量を平均すると全重は水稲でヘクタールあたり 11.1t、陸稲で 6.2t、精もみ収量は水稲で 3.1 t、陸稲で 1.9t で、陸稲の収量は水稲のおよそ 60% であった。収穫指数 (子実収量 / 全乾物重) は水稲 28%, 陸稲 31% と、改良された短稈種の約 50% [Yoshida, 1981] を下回った。ベン川流域で栽培されているイネは稈長、収穫指数の面でも典型的な在来品種としての特徴を示した。ラオス国内各地で行われた水稲作圃場試験の結果によると雨期作無施肥の平均収量は北部で 2.6t ha⁻¹、南部で 2.0t ha⁻¹ であり [Linguist, 2001]、ベン川流域の水稲収量はこれを上回った。

表 1 ベン川流域の水稲と陸稲の品種、草型調査

	略号	村落名	品種	稈長	穂長	全重	粗モミ重	精モミ重	玄米重	収穫指数	
				(cm)	(cm)	(t ha ⁻¹)	(%)				
水稲	NM1	Namet	Meuong Nga	122	21.8	8.5	2.6	2.4	1.8	28.2	
	SK1	Samkang	I-to	118	21.8	9.5	2.6	2.4	1.8	25.0	
	SK2		I-to	143	25.1	12.2	3.7	3.3	2.5	26.9	
	MH1	Ponsavath	Meuong Nga	-	-	13.0	4.4	4.0	3.0	30.7	
	MH2		Ito	-	-	10.7	3.4	3.0	2.3	28.3	
	MH3	Houa Kao	Meuong Nga	-	-	10.2	3.1	2.9	2.2	28.1	
	MH4		Meuong Nga	-	-	12.7	3.6	3.4	2.6	26.7	
	MH5	Nam Ngat	Ta Kheat Pi	117	22.0	12.0	4.1	3.7	2.8	30.5	
			Mean		125	22.7	11.1	3.4	3.1	2.4	28.1
	陸稲	NP1	Napa Tai	Pa	90	26.1	5.5	1.6	1.4	1.0	24.9
NP2			Pa	104	29.1	6.7	1.8	1.7	1.3	25.2	
NP3			Phet Pi	92	26.1	5.9	1.8	1.7	1.2	28.3	
SK1		Samkang	Phe Khao	90	25.3	5.1	1.5	1.4	1.0	26.8	
SK2			Phe Khao	100	27.0	6.7	2.2	2.0	1.5	29.4	
OD1		Oudom	Nam Bak	118	29.0	6.4	2.8	2.8	2.3	44.1	
OD2			Phea	112	25.6	8.6	2.9	2.7	2.1	31.9	
OD3			Dine	109	28.6	4.5	1.8	1.7	1.4	37.9	
			Mean		102	27.1	6.2	2.1	1.9	1.5	31.1

(3) 収量構成要素

一般にイネ穀実収量は次の 4 つの要素の積である。

$$\text{収量} = \text{穂数} \times \text{粗もみ数} \times \text{登熟歩合} \times \text{千粒重}$$

今回の調査では粗もみ数と登熟歩合は把握できなかったもので、精もみ収量と千粒重から収穫時の精もみ数を算出した。表 2 に水稲と陸稲の収量構成要素を示した。平均値と比較すると、単位面積あたりの株数は陸稲で低かったが、一株あたりの穂数は陸稲の方が大きかった。両者の積である単位面積あたりの穂数は、陸稲 (99 m²) は水稲 (149 m²) の 3 分の 2 であった。一穂あたりの精もみ数に大きな違いはなかったので穂数の差は単位面積あたりの精もみ数に反映された。すなわち、水稲の精もみ数は 14000m² まで分布していたが陸稲の精もみ数の上限は 9000 m² だった。精もみの千粒重は全体として陸稲で小さい傾向にあった。今回の一連の調査において、粗もみ数は測定されなかったこと、脱粒性が高かったことから、正確な登熟歩合を知ることはできないが、精もみ重の粗もみ重に対する割合の平均は水稲で 90.8%, 陸稲で 93.8% と高く、水稲と陸稲の間で有意差が見られなかった。これらの収量構成要素のうち、水稲と陸稲の収量の違いに最も大きく影響していたのは株数 (栽植密度) であった。焼畑においては除草作業のしやすさが現在の株数をきめており収量に大きく影響していると考えた。調査地における聞き取りでは水稲作では雑草防除に対して労力は特に注がれていなかったが、焼畑では一作の間に 3 回から 4 回の手作業による除草が行われていた。

Roder[1995, 1997] が行ったルアンパバン県シェンヌン郡を中心とした129の農家に対する聞き取り調査の結果によると、焼畑における最大の生産制限因子は雑草との競合であると認識されていた(複数回答で85%)。これに野ネズミによる害(54%)、降水量の不足(47%)、土地が制限されること(41%)が続いた。焼畑の土壌の状態(21%)や土壌侵食(15%)は主要な生産

表2 収量構成要素

	略号	株数 m ²	もみ数 hill ⁻¹	もみ数 m ²	一穂粒数	精もみ数 1000m ²	千粒重 g	収量 t ha ⁻¹
Paddy	NM1	20.6	7.7	159	43	6.9	35.0	2.4
	SK1	22.3	7.2	162	41	6.6	35.9	2.4
	SK2	14.0	8.0	112	86	9.6	34.4	3.3
	MH1	19.1	6.7	125	93	11.7	34.1	4.0
	MH2	26.1	6.0	155	60	9.3	32.7	3.0
	MH3	20.3	6.5	132	62	8.2	35.0	2.9
	MH4	19.8	8.7	173	56	9.7	34.8	3.4
	MH5	27.9	6.2	172	61	10.5	35.0	3.7
Mean	21.3	7.1	149	63	9.1	34.6	3.1	
Upland	NP1	10.5	11.2	117	49	5.8	23.6	1.4
	NP2	9.3	10.7	98	67	6.6	25.8	1.7
	NP3	11.6	11.3	130	49	6.4	25.8	1.7
	SK1	12.6	9.1	113	50	5.7	24.4	1.4
	SK2	11.2	9.9	111	72	8.0	24.7	2.0
	OD1	8.1	6.9	56	127	7.0	40.0	2.8
	OD2	7.2	15.6	113	78	8.8	31.0	2.7
	OD3	8.3	6.6	55	86	4.7	36.2	1.7
Mean	9.8	10.1	99.1	72.3	6.6	28.9	1.9	

制限要因としては認識されていなかった。除草に要する労力はヘクタールあたり150~200日、もしくは全労働投入量の40-50%と見積もられた。今回の場合においては栽植密度が陸稲の収量を規定しているが、今以上に栽植密度を上げることは除草のために難しいと結論した。

(4) 水稲、陸稲の窒素、リン、カリウム含有率と吸収量(表3)

もみとわらの窒素、リン、カリウム含有率は水稲と陸稲で大きな違いはなく、地上部の養分吸収量は収量にほぼ比例した。陸稲のわらのリン含有率平均値が高かったが、これはナパタイの陸稲リン含有率が特に高かったからであり、この地点の土壌の可給態リンが特に高かったためと考えた。

表3 水稲、陸稲の窒素、リン、カリ含有率と地上部吸収量

		N		P		K	
		grain	straw	grain	straw	grain	straw
Content (%)	Paddy	1.2	0.47	0.27	0.07	0.26	1.9
	Upland	1.2	0.56	0.28	0.14	0.28	1.8
Uptake (kg ha ⁻¹)	Paddy	32	33	7.2	5.2	7.0	131
	Upland	22.5	23.5	5.2	6.0	5.2	78.1

(5) 土壌肥沃度

ベン川流域の水田土壌の肥沃度を熱帯アジア低地水田の平均値[Kyuma,1985]と比較すると全炭素や全窒素含有率が高く有機物含有率が高いことがわかる。風乾土壌の湛水培養による窒素無機化量は4週間で86mgN kg⁻¹, 8週間で107mgN kg⁻¹であった。作土を表層10cm、土壌の仮比重を1とすると、湛水8週間以内に無機化される窒素は約100 kgN ha⁻¹と見積もられた。一方、イネの地上部吸収量は65 kgN ha⁻¹で水稲の吸収する

表4 水稲収量調査地点の土壌の諸性質

調査地点	全炭素 (%)	全窒素 (%)	可給態窒素 (mg N kg ⁻¹)	全リン (mg P kg ⁻¹)	可給態リン (mg P kg ⁻¹)	置換性カリ (cmol kg ⁻¹)	置換性Ca, Mg (cmol kg ⁻¹)	CEC (cmol kg ⁻¹)
NP1	2.50	0.19	76	159	16.3	1.1	3.7	5.7
NP2	2.08	0.19	71	319	22.7	1.6	5.1	6.6
NM1	2.55	0.20	75	235	21.5	1.5	6.7	8.0
SK1	4.00	0.30	98	297	15.9	4.4	13.6	16.0
SK2	4.65	0.35	130	467	43.5	5.3	9.9	12.3
MH1	4.07	0.39	81	393	30.1	2.7	11.7	14.3
MH2	3.18	0.31	58	192	7.5	2.3	9.2	11.4
MH3	5.25	0.47	109	548	36.3	5.0	10.0	16.1
MH4	3.99	0.33	72	464	33.3	4.4	9.1	16.1
MH5	3.83	0.39	91	584	23.2	2.9	8.5	13.6
平均値	3.61	0.31	86	366	25.0	3.1	8.7	12.0
熱帯アジア平均値	1.41	0.13	85	365	16.6	4.0	15.9	18.6

窒素は地力窒素で十分まかなわれていた。有効態リン、交換態カリウムの水準は Kyuma による平均値に近かった。Kyuma [1985] はリンの絶対欠乏のしきい値を 92 mgP kg^{-1} 以下としているが、ベン川流域の水田土壌の全リンの平均値は 370 mgP kg^{-1} と十分高かった。しかし、ナパタイ、ムアンフンの一部には、しきい値に近い土壌もあった。

(6) 水稲改良品種による収量向上の可能性

2003年雨期作において国際イネ研究所が育成した IR352 が一部の水田で試験栽培された。栽培は在来種と同様に無施肥で行われた。4ヶ所の水田で我々自身によって収量調査を行ったところ、精もみ収量は平均 2.7 トンであった。ナパタイ試験区のように無施肥でも伝統品種に近い収量 (2.6、2.8t) をあげた場合もあれば、管理 (水管理や栽植密度) が適切でなく収量があがらなかったと判断された場合 (ムアンフン試験区) もあった。この結果は、無施肥栽培された IR352 の収量は伝統品種と同等か、管理が不適切な場合それ以下であることを示唆する。Evans [1984] によると改良品種は施肥量が少なければ伝統品種と同等かそれ以下の収量しかあげられなかった。現地状況を考慮すると、ベン川流域では条件の良い、あるいは管理しやすい水田に限り、種子と化学肥料をセットで投入できることが改良品種を導入する条件であると考えた。

5. まとめ

ベン川流域における単位面積あたりのコメ収量は水稲 3.1 t ha^{-1} 、陸稲 1.9 t ha^{-1} であった。水田においては地力によって水稲に必要な養分が供給されていた。陸稲と水稲の単位面積あたりの収量の違いは主に栽植密度に由来した。陸稲の栽植密度 (株間) は除草作業によって規定されている可能性が考えられた。ベン川流域では今後、人口増加によってコメ供給が逼迫する可能性が考えられる。焼畑面積を拡大せず水田と焼畑の双方において集約化を進め、コメ生産量を増やす努力が必要である。水田においては施肥、灌漑整備による乾期作が拡大するまでは伝統品種を中心にした雨期作での収量確保が重要である。陸稲では除草剤導入による焼畑の常畑化による焼畑面積の拡大抑制を検討するべきである。

文献

- Evans L T, Visperas R M, Vergara B S, 1984, Morphological and physiological changes among rice varieties used in the Philippines over the last seventy years, *Field Crops Research*, 8, 105-124
- Kawaguchi K, Kyuma K, 1977, *Paddy soils in Tropical Asia -Their material nature and fertility*, The University Press of Hawaii, Honolulu, 258p.
- Keoboulapha B, 1999, *Upland Rice/Pigeon Pea Intercropping Systems for Uplands in Northern Lao PDR*, Thesis, Chiang Mai University, <http://www.grad.cmu.ac.th/abstract/1999/agi/abstract/agi990019.html>
- Kyuma K, 1985, Fundamental Characteristics of Wetland Soils, *Proc. of Wetland Soils Workshop*, IRRI, 191-206
- Linquist B, Sengxua P, 2001, Nutrient management in rainfed lowland rice in the Lao PDR
- Roder W, Phengchanh S, Keoboulapha B, 1995, Relationships between soil, fallow period, weeds and rice yield in slash-and-burn systems of Laos, *Plant Soil*, 176, 27-36
- Roder W, Phengchanh S, Keoboulapha B, Weeds in slash-and-burn rice fields in northern Laos; *Weed Research*, 37, 111-119, 1997
- Roder W, Phengchanh S, Maniphone S, 1997, Dynamics of soil and vegetation during crop and fallow period in slash-and-burn fields of northern Laos, *Geoderma* 76, 131-144
- Yoshida S, 1981, *Fundamentals of rice crop science*, International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines, 269p.