グレインソルガムの収穫・乾燥法

金谷 豊・山崎信蔵・田村正和

Harvesting and Drying Methods of Grain Sorghums

Yutaka KANETANI, Nobuzo YAMAZAKI and

Masakazu TAMURA

1 緒 言

グレインソルガムは可消化蛋白質 (DCP) 収量や可消化養分総量 (TDN) に富み、各種の土壤条件下でも生育が比較的優れているため、近年、水田転換対象夏作物として有望視されてきている。また収量は水田転換畑でも 800 kg/10 a 前後と多く、耐倒伏性も優れているなど機械化収穫には好適である³⁾。しかし実際面では栽培実績が少ないため欧米諸国のような大型コンバインによる収穫体系^{1,4)}はとられておらず、手収穫による割合が高い。

このような関係から筆者らは昭和52~54年の3ケ年にわたり、グレインソルガムの省力機械化栽培法の確立を目途に、収穫や乾燥方式を中心とした機械化研究をすすめてきたが、品種の選定や栽培条件等をある程度改良することにより、従来の水稻用のバインダや自脱型コンバイン、乾燥機等の利用でも十分に対応できることを確認した。この報文では以上の成果の概要を報告する。

2 試験方法

1) 供試圃場, 供試品種, 栽培様式

- i) 供試圃場 北陸農試水田転換畑圃場
- ii) 供試品種 短稈種 3 品種
MM52, NK129, NK1580
- iii) 栽培様式 条間 30cm, 60cm
播種量 0.45~0.50 kg/a

(条間 30cm 区)

0.24~0.26 kg/a

(条間 60cm 区)

播種方法 ロータリシードによる
3~6 条すじ播き

なお、圃場での発芽率は初期生育が不調だった53年次を除き55~75%であった。

2) 収穫試験

(1) グレインソルガム茎の切断特性

i) 測定方法

屋内試験のため、測定装置は固定として、茎を移動させる方式をとった。

第1図 切断特性測定装置

茎の切断方法は第1図に示すように、バインダの往復動式の刈刃をそのまま供試して、移動アーム先端に固定された茎を切断した。切断時のトルクは刈刃駆動軸の歪ゲージで測定した。なお、刈刃の切断速度は市販機と同一とするた

昭和55年4月3日受理 第14回, 第15回講演会で発表

北陸農業試験場, 新潟県上越市稲田1-2-1, 〒943-01

Hokuriku National Agricultural Experiment Station, 1-2-1, Inada, Joetsu, Niigata 943-01

め, 1.17 m/s に設定した.

ii) 供試材料

品種: MM52

茎の直径: 18~27mm

茎の含水率: 83~85%

(2) バインダによる収穫

i) 供試機械 K式 HE350A(1条刈)

O式 HR500 (2条刈)

ii) 供試材料

品種: MM52, NK129 (条間 30cm)

穀粒含水率: 31~37%

iii) 調査測定項目

作業速度

刈取損失

測定方法は測定区間の地表面にビニールをはり, バインダ刈取時の穀粒損失と落穂の割合を調査した.

(3) 自脱型コンバインによる収穫

i) 供試機械

Y式 TC750 (刈幅 75cm)

Y式 TC2000 (刈幅 200cm)

ii) 供試材料

品種: MM52(条間 60cm),

NK1580(条間 30cm)

穀粒含水率: 19~31%

iii) 調査測定項目

作業速度

穀粒損失

測定方法は頭部損失は地表面にビニールをはり, 収穫時の穀粒損失を, 排塵口損失は, 2, 3番口の排塵中の穀粒損失を, 扱残し損失は未脱粒の穀粒損失を調査した.

刈高さ

夾雑物混入割合

測定方法は一番口の夾雑物(茎・葉)混入割合を調査した.

3) 乾燥試験

(1) 静置型乾燥機による乾燥

i) 供試機械

床面積 1.8㎡の小型実験機

ii) 供試品種

MM52(火力乾燥), NK129(常温通風乾燥)

iii) 試験方法

堆積高さ 15cmの薄層乾燥

熱風温度は火力乾燥では75℃と45℃に設定した. なお, 風量比は 0.078 m³/s · 100 kgである.

iv) 調査測定項目

穀粒含水率 (135℃-24hr-10g法)

穀温, 熱風温度, 発芽率(シャーレに穀粒を浸し, 恒温器により25℃-7日後の発芽率を調査した)

(2) 循環型乾燥機による乾燥

i) 供試機械

O式 TA90 (吸引式)

扱張込容量 900 kg

ii) 供試品種

NK1580

iii) 試験方法

熱風温度80℃, 穀粒張込量 570 kg

iv) 調査測定項目

穀粒含水率 (135℃-24hr-10g法)

穀温, 熱風温度, 排風温度, 発芽率(同上)

3 試験結果と考察

1) 収穫試験

(1) グレインソルガム茎の切断特性

移動アーム先端の移動速度(ほぼ刈取作業速度に近似する) 0.8 m/s時のグレインソルガム茎の直径と切断トルクの関係を示すと第2図の通りである. 茎の直径が大きくなると切断トルクは急激に増大し, 実験で供試した茎の直径が27mmの材料では切断トルクは15kg·cmの値を示した. しかし, 所要馬力は最大でも0.33psと小さく, バインダに搭載されたエンジン馬力2.0~3.5psで十分であろう.

第2図 グレインソルガム茎の切断トルク (品種: MM52)

一方、供試したバインダ刈刃のピッチは50mmであるが、茎の直径が25mmを超える材料に対しては、切断は不十分で、茎の切断面は乱れる。このため、実用的なバインダ収穫時の茎の太さの限界は25~20mm程度と想定され、栽培上の問題として、栽植密度等で茎の太さをこの条件以下に揃える必要がある。

(2) バインダによる収穫

試験は52年に実施したが、グレインソルガムの生育収量を示すと第1表の通りである。なお、茎の直径は第3図に示すように、栽植密度(穂数/㎡)が少なくなると太くなるが、供試した材料は、ほぼ10~20mmの太さであり、バインダ収穫でも十分に対応できる。

第3図 グレインソルガム茎の太さ

第1表 グレインソルガムの生育収量(52年)

品 種	条 間 (cm)	穂 数		稈 長 (cm)	穂 長 (cm)	草 丈 (cm)	収 量 (kg/a)
		(本/㎡)	(本/m)				
MM52	30	88.7	26.6	81.6	20.9	103	56.2
NK129	30	66.0	19.8	87.7	19.4	108	82.1

バインダによる刈取作業精度を作業速度別に示すと第2表の通りである。1条刈では、0.74m/sの作業速度でもグレインソルガムの収穫は可能で、刈取損失も0.9~1.5%と低い。刈取損失は主に刈束の放出時の衝撃によるものと想定されるが、割合として小さく、ほぼ実用上問題は無い。また、地際刈りでも、結束作業に支障はなかった。

第2表 バインダ収穫

品 種	条間 (cm)	刈取 条数	作 業 速 度 (m/s)	刈 取 損 失(%)			穀 粒 含 水 率 (%)	供 試 機 種
				穀粒	落穂	合計		
MM52	30	2	0.63	0.7	0.3	1.0	31.3	HR500
NK129	30	1	0.50	1.2	0.3	1.5	37.1	HE350A
			0.74	0.4	0.5	0.9		

一方、2条刈では供試機の関係で一定速の刈取しか実施できなかったが、刈取損失自体は0.7%と1条刈に比較して、小さい値を示した。しかし2条刈の場合、草丈の高い材料では部分的に茎葉が搬送部につまりやすく、作業精度は若干低下する。1条刈に比較して、2条刈では刈高さを高くして搬送量を少なくするなどの工夫が必要である。

なお、草丈が1m以上にも及ぶグレインソルガムのバインダ収穫では、穂首が重いため、結束された刈束の放出は風向等に影響されやすい。このため、刈取あとの刈束列は斉一性に欠け、収集作業に手間どる。この点、簡易な刈束の収集法等を検討する必要がある。

(3) 自脱型コンバインによる収穫

自脱型コンバインでの収穫作業はグレインソルガムの茎葉部を含めた刈取総量が多いことや草丈が高いため、地際刈作業は難しい。このため、刈高さを10~15cmと高目に設定して、刈取総量を低目におさえた。

また収穫条数も刈幅75cmのコンバインでは1条刈(条間60cm区)で、刈幅130cmのコンバインでは2条刈(条間30cm区)と稲麦収穫時の半分で試験を実施した。なお、扱胴回転数等の調整はほぼ水稻収穫時と同様とし、特別の改良は加えなかった。

自脱型コンバイン収穫時のグレインソルガムの生育収量を示すと第3表の通りである。

第3表 グレインソルガムの生育収量(54年)

品 種	条 間 (cm)	穂 数		稈 長 (cm)	穂 長 (cm)	草 丈 (cm)	収 量 (kg/a)
		(本/㎡)	(本/m)				
MM52	60	50.3	30.2	75.9	24.1	100	56.0
NK1580	30	71.8	21.5	82.0	15.3	98	43.8

草丈は条間 30 cm 区, 60 cm 区とも 100 cm 以下と低く, 機械収穫には好適な条件であったが, 稈長の分布は第 4 図に示すように変動が大きく生育が不揃いであった。

第 4 図 稈長の分布

また穂数は 20~30 本/m とほぼバインダ収穫時と同様の値を示したが, 変動は大きい。

以上の作物条件の変動は主に播種精度や発芽むらの影響によるものと推定され, 個体生育の均一化を播種精度等の向上で補う必要がある。なお, 倒伏性については, グレインソルガムの場合, 茎の直径が 10~20 mm と太いため, 立毛角は大きくあまり問題はない。

54 年に実施した収穫試験結果を一括して示すと第 4 表の通りである。

作業速度は 0.2~0.3 m/s の範囲で実施したが, 2 条刈で供試した NK1580 では, 子実収量が 44 kg/a と低かったため, 穀粒口流量は 1 条刈の MM 52 と大差ない値を示した。

作業速度と穀粒損失の関係を第 5 図に示す。条間 60 cm の MM 52 では, 作業速度が速くなり穀粒口流量が増大するにつれて, 各損失とも増加した。しかし, 条間 30 cm の NK1580 の試験では作業速度の速い区で逆に扱残し損失は低い。

第 4 表 自脱型コンバイン収穫

品 種	条 間 (cm)	刈 取 数	作 業 速 度 (m/s)	刈高さ (cm)	穀 粒 口流量 (kg/h)	穀粒損失 (%)				夾 雑 物 混入割合 (%)	穀 粒 含水率 (%)	供 試 機 種
						頭 部	扱残し	排塵口	計			
MM 52	60	1	0.207	14.4	235.0	1.7	1.6	0.6	3.9	1.6		TC750A
			0.278	12.1	292.0	2.8	1.8	1.0	5.6	3.2	18.7	(刈幅 75 cm)
			0.347	16.0	342.3	2.5	3.3	1.1	6.9	4.0		
NK 1580	30	2	0.229	9.0	188.6	1.6	4.6	0.9	7.1	3.2	30.9	TC 2000
			0.298	9.8	242.7	1.6	2.8	3.3	7.7	3.2		(刈幅 130 cm)

この関係は明らかではないが, 試験区間の作物条件の変動がその主な要因と推察される。穀粒損失の内訳では扱残し損失が 2~5 % と割合として最も多く, 次いで頭部損失が 2~3 % 発生した。排塵口損失は 1~3 % で損失の割合としては一部を除き最も少なかった。作物条件, とくに草丈や基本数が不揃いなグレインソルガムの収穫では, 刈取・搬送時に稈の折曲りや穂首部の落下が生じやすいため, 扱残し損失が割合として多く発生し, 稲麦収穫時より作業精度は低下する。

一方一番口の夾雑物混入割合は 2~4 % と若干多い。とくに 1~2 cm に細断された茎の混入

割合が高く, 脱穀部の受網からの流下が主な原因であった。夾雑物の除去には受網の改良等も考えられるが, 乾燥以降の調整段階でも十分に対処できるためあまり問題はない。

以上のようにグレインソルガムの収穫では, 稲麦に比較して穀粒損失は 4~8 % と若干多いが, 播種精度等を向上して基本数の斉一化をはかることにより, 作業精度はさらに改善されるものと推察される。

なお, ここでは穀粒口流量 350 kg/h までの収穫作業について報告したが, 試験的に実施した 52~53 年の結果では, 作業精度は若干劣るが 500 kg/h までの作業も可能であった。

第5図 自脱型コンバイン収穫時の穀粒損失

2) 乾燥試験

(1) 静置型乾燥機による乾燥

グレインソルガム穀粒の高温、高能率乾燥を目的とした薄層乾燥方式を実験的に試みた。

熱風温度45℃と75℃の薄層（堆積高さ15cm）火力乾燥時の穀温、穀粒含水率の推移を第6図に示す。熱風温度75℃区は、乾燥速度も速く、約1.5時間の乾燥で穀粒含水率は12.9%に調整できた。45℃乾燥区では同様に、6.5時間で所定の含水率（13.5%）まで、乾燥することができるが、能率は75℃区に比較して低い。

第6図 火力乾燥

ム穀粒の初期含水率が30%と高かったことや、送風期間中の関係湿度が高目に経過したこともあって、約3日間の連続通風でも、穀粒含水率は第7図に示すように16%程度にとどまった。とくに北陸地方のように秋季の高湿度気象条件下では、常温通風乾燥法によるグレインソルガムの乾燥は困難である。

第7図 常温通風乾燥

以上の薄層乾燥法の試験結果を整理すると第5表に示す通りである。平均毎時乾減率は熱風温度75℃区で6.9%/hと最も高く、45℃区では1.7%/hと75℃区に比較して、その差は大きい。このため、高能率乾燥を目的としたグレインソルガムの乾燥では、高温・薄層乾燥方式が有利である。

第5表 グレインソルガムの乾燥（静置型乾燥機）

熱風温度 (°C)	送風時間 (h)	堆積高さ (cm)	穀粒含水率 (%)		平均毎時 乾減率 (%/h)
			張込時	乾燥後	
75	1.5	15	23.3	12.9	6.9
45	6.5	15	24.7	13.4	1.7
常温	82.5	15	29.9	15.6	0.17

注 1) 堆積高さ：風量比 15cm:0.078m³/s・100kg
2) 品種：MM52（火力乾燥）、NK129（常温通風乾燥）

なお、飼料価値については、ここでは調査を実施していないが、熱風温度100℃以上の超高速乾燥でも飼料価値（家畜の消化率等）は損

なわれないという報告⁵⁾もあり, 本試験方法による乾燥方式でも十分に供しうるものと推定される。

なお, 乾燥後の穀粒を約 3 ヶ月間, コンバイン用の袋に貯蔵した結果では, 穀粒含水率 15% 以下の材料であれば穀粒の腐敗, 変敗はみられなかった。

なお, 無乾燥の穀粒を袋詰した状態で放置すると第 8 図に示すように収穫後 17 時間で穀温は 47℃ まで上昇し, カビ, 変敗粒が多発した。グレインソルガムでは, この点収穫後の穀粒は早目に乾燥する必要がある。

第 8 図 無乾燥袋づめ穀粒の温度変化

(2) 循環型乾燥機による乾燥

グレインソルガムの実規模の乾燥体系の確立を目途として, 吸引式の循環型乾燥機を供試したときの乾燥特性を求めた。なお供試機の容量は収張込量 900 kg であるが, 試験では材料の関係で張込量は 570 kg で乾燥を実施した。

なお, 熱風温度は前述した静置型乾燥機の設定温度 75℃ でも対処できることから, 試験では供試機の設定最高温度の 80℃ に調整した。

乾燥時の各温度変化, 穀粒含水率の推移を示すと第 9 図の通りである。

穀温はバケットエレベータの落とし口で測定したため, 熱風室通過時の温度とは若干異なるが, 乾燥後期の穀温は約 40℃ と熱風温度より低い。供試機の循環流量は毎時 1162 kg (水分 13.5% 換算) であり, 1 循環時間は約 23 分であった。このため加熱時間は供試機の乾燥部と貯留部との比率から約 11 分になる。

なお, 排風温度は 45~50℃ と高く, 熱風温度

との差は約 30℃ であった。

第 9 図 循環型乾燥機による乾燥

約 30 分間隔でサンプリングした穀粒含水率の変化は, 前掲第 9 図のようにほぼ直線的に減少し, 初期含水率 32.3% の穀粒を 9 時間で 13.5% まで乾燥することができた。このため毎時乾減率も 2.1%/h と比較的大きいが, 張込量を供試機の満杯時の 900 kg に想定した毎時乾減率は 1.3%/h 程度と試算され, 大麦の乾燥能率 (60℃ 乾燥で毎時乾減率 1.2%/h) に比較しても大差ない結果を示した。

以上の乾燥試験結果を整理すると第 6 表に示す通りである。燃料 (白灯油) 消費量は 2.33 kg/h で, 蒸発水分 1 kg 当り白灯油を 0.17 kg 消費したことになり, 熱利用率²⁾は熱風温度が高いため約 30% と低い値にとどまった。なお穀粒組成は第 7 表に示すように乾燥後には損傷粒が 0.8% 増加したが割合としては小さくあまり問題はない。また供試した吸引式乾燥機の排塵中の穀粒損失も殆ど発生しなかった。

乾燥過程の穀粒を適宜サンプリングして, 穀粒の発芽率を調べると第 10 図に示すように, 乾燥が進み穀粒含水率が低い材料ほど発芽率が低下した。前述した静置型乾燥機により含水率を 13.5% まで乾燥した穀粒との比較でも, 第 8 表

に示すように、80℃前後の火力乾燥法では発芽率が低下する。乾燥後の穀粒の利用法にもよるが、飼料用として穀粒を乾燥する段階では高温乾燥法でも十分に対応でき、乾燥能率は高い。

以上のようにグレインソルガムの乾燥では稲麦用の循環型乾燥機で高温、高能率乾燥が可能であった。

一方、穀粒の形状が小さいグレインソルガムは機内の網目に穀粒がつまりやすく、清掃が稲麦に比較して困難なのは否めない。網目の形状等、今後さらに検討する必要がある。

第6表 グレインソルガムの乾燥
(循環型乾燥機)

熱風温度 (℃)	送風時間 (h)	燃料消費量 (kg/h)	張込生重量 (kg)	穀粒含水率(%)		平均毎時乾減率 (%/h)
				張込時	乾燥後	
77~80	9	2.33	569.5	32.3	13.5	2.09

注) 品種：NK1580

第7表 乾燥時の穀粒組成

穀粒組成		(%)	
		乾燥前	乾燥後
整粒		79.8	82.0
護穎付粒		12.8	10.8
穂切・枝梗付着粒		3.2	3.1
損傷粒		1.0	1.8
屑・その他		3.2	2.3
仮比重 (g/cm ³)	粗精粒	—	0.58
	精粒	—	0.68

第8表 発芽率

品 種	熱風温度 (℃)	穀粒含水率 (%)	発芽率 (%)
NK1580	80	13.5	30.6
MM52	75	7.9	27.6
		14.8	54.2
	45	13.4	77.8
		14.4	76.1
NK129	常温	15.6	72.8

第10図 循環型乾燥機による穀粒の発芽率
(品種：NK1580)

4 摘 要

1) 短稈種のグレインソルガムを3品種供試して、水稻用のバインダや自脱型コンバイン、乾燥機を利用した収穫作業精度や乾燥能率等を調査した。

2) バインダ収穫の場合、1条刈での作業はほぼ支障なく実施できた。2条刈バインダでは、草丈の高い材料では茎葉の搬送が不安定で作業精度は若干低下する。一方、結束された刈束の収集は、放出された刈束の列が乱れやすいため手間どる。このためバインダ収穫方式では簡易な収集法等の検討が必要である。

3) 自脱型コンバインの収穫は、稲麦収穫時に比較して穀粒損失は4~8%と若干多く発生した。とくに草丈や基本数が不揃いな条件下では扱残し損失の割合が高く、作物条件等の斉一化をはかる必要がある。収穫作業は刈取条数は小さく、刈高さは高目に設定して実施したが、穀粒口流量350kg/hまでの作業が可能であった。

4) 静置型乾燥機による乾燥は、熱風温度75℃区で毎時乾減率は6.9%/hにも達した。常温通風乾燥は秋季の高湿度条件下では能率が低く、北陸地域には不向である。

5) 循環型乾燥機による乾燥では、熱風温度は供試機の設定最高温度の80℃で実施した。粗張込量は570kgと少なかったが毎時乾減率は2.1

％/hと高能率であった。また乾燥時の穀粒の損傷も小さく、排塵中の穀粒損失も殆ど発生しなかった。乾燥後の穀粒の発芽率は低下するが、飼料用として利用する場合、あまり問題はない。

5 参考文献

- 1) Fairbanks.G.E (1979), Grain Sorghum Harvesting Loss Study. Transactions of the ASAE. 22(2): 246 - 250.
- 2) 加藤宏郎(1977)乾燥機の省エネルギーと排風利用. 農機誌 38(4): 608 - 614.
- 3) 農業技術協会(1973)総合野菜・畑作技術事典 I (畑作物編): 55 - 59.
- 4) 農業機械化研究所(1972~1976)研究成績「グレインソルガム収穫の機械化に関する研究」第1~5報.
- 5) 農業機械化研究所(1973~1974)研究成績「超高速度乾燥が大麦, グレインソルガムの消化率に及ぼす影響」. 第1~2報