農研機構

自給飼料利用研究会
2022年12月2日

子実トウモロコシの乾燥調製技術の課題と開発目標

農研機構畜産研究部門
畜産飼料作研究領域
飼料生産利用グループ
上級研究員
住田憲俊

NARO

子実トウモロコシ乾燥背景

農研機構 NARO

個別農家で収穫する子実とうもろこしの**取扱量**が増える。

1．子実トウモロコシの**栽培面積**が増える。
水田転作の1つとして注目
（除草剤による雑草防除、播種から収穫までの機械化体系）

2．子実トウモロコシの**反収**が上がる。
栽培技術の向上
（播種収穫時期、栽植本数、排水対策）

1

子実トウモロコシ乾燥背景

農研機構 NARO

増収した子実とうもろこしを短期間で収穫したい。

1．圃場で乾燥させることで増える危険性
台風や強風による折損や倒伏
秋の長雨による穂発芽やカビの発生

2．栽培スケジュールによる問題
水田転作では次の作物のための圃場準備
田植え、米収穫などの他品目の作業と重複

2

子実トウモロコシ乾燥背景

農研機構 NARO

増収した子実とうもろこしを短期間で収穫したい。

1．機械開発による対応が進みつつある。
中型汎用コンバインによる低コスト化
コーンヘッダによる収穫時間の縮減

2．解明されつつある収穫作業範囲
子実水分30%程度でも収穫可能

前進

3

子実トウモロコシ乾燥背景

農研機構 NARO

増収した子実とうもろこしを短期間で収穫できる。

新たな問題が発生
わが国では、圃場に比較的長くおいて乾燥を促しても、子実とうもろこしの水分は18～20%

このため、乾燥は**必須**である。
しかし、乾燥施設は個別農家対応で、乾燥機の台数以上の処理は困難。

収穫期間が長ければ一度に乾燥調製する量を加減できるが、短期間での収穫や栽培面積が収穫作業能率より多い場合は、水分20%台での収穫も必要

乾燥処理能力の限界を超えてしまう。

4

子実トウモロコシ乾燥背景

農研機構 NARO

海外での事情は

アメリカでは、単作であるため圃場で水分を落とすことが可能。
目標水分は14%であるが実際は16～17%。
必要に応じて冷風や温風で通気乾燥。
日本の米のように、ビンで貯蔵し水分コントロール。

中国でも、圃場で十分に水分を落とす。
雌穂（包皮なし）で収穫して、天日干ししてから脱粒する。
乾燥地域では脱粒した状態で穀物集積場に集めて天日干し
アメリカ型の機械体系を導入する地域もある。

5

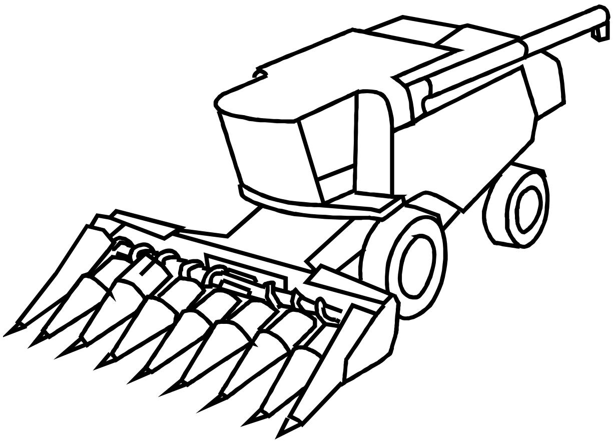
子実とうもろこし生産規模拡大

子実トウモロコシの播種は、真空播種機などを利用して高能率に行うことができ、管理作業も初期の除草剤、生育期の茎葉処理除草剤、殺虫剤など数回で済むため、圃場を用意すれば比較的簡単に大規模化が可能。

国産収穫機（汎用コンバイン）

作業能率	価格
リールヘッダ（小麦大豆仕様）36a/h	大型機種 コーンヘッダ 約1350万円
↓	↓
コーンヘッダ（トウモロコシ専用）42-59a/h	中型機種 コーンヘッダ 約820万円
５年で1.6倍	60%

収穫機械の導入もしやすくなっている。



本体３０～３５万ドル、
ヘッダ１０万ドル（2014年）

6

乾燥イメージ

背景

○ 燃料を使う乾燥調製は、輸入品に比べ生産費を高める要因の一つ

○ 子実トウモロコシ生産で発生するGHG'sのうち、乾燥調製由来は全体の3割に達する（道総研、2014）

○コーンヘッダにより収穫作業が高能率化しても、全体の生産性は乾燥調製能力がボトルネックに

乾燥にはたくさんの灯油が必要。灯油代の値上がり、負担はきついな・・・

新機種導入で1日に収穫できる面積は増えたけど、乾燥機の増設まではちょっと・・・

7

乾燥イメージ

農研機構 NARO

できるだけ化石燃料を使わない

収穫当日に汎用穀物乾燥機で乾燥しきれない子実を対象

通風して当面品質劣化しない程度（水分20%未満）に予備乾燥

穀物コンテナを利用した子実トウモロコシの通風乾燥装置

すべての収穫作業を終えた後に、汎用穀物乾燥機で仕上げ乾燥

収穫能力と乾燥能力のミスマッチをフレキシブルに解消

8

乾燥イメージ

農研機構 NARO

通常乾燥ルート

水分20～%30

乾燥機の許容量は直接投入

汎用穀物乾燥機

目標水分14～15%

予備乾燥ルート

乾燥処理能力を超過した収穫物は通風乾燥

穀物コンテナに送風し、品質保持しつつ水分20%未満に乾燥

通常乾燥が終了した時に予備乾燥を投入

予備乾燥によって、全てを乾燥させるとともに、全体の灯油消費量削減も期待できる。

9

乾燥分配シミュレーション

農研機構 NARO

圃場面積を10haとしたときのトウモロコシ収穫量

想定収穫規模	
面積（ha）	10
収穫日数（日）	5
子実水分（%）	27
現物収量（kg/10a）	1096
15%水分収量（kg/10a）	800
全収穫量（t）	110
一日の収穫量（t／日）	21.9

プロジェクトの目標値

10

乾燥分配シミュレーション

農研機構 NARO

55石の汎用遠赤乾燥機を用いた事例

汎用遠赤乾燥機55石	
台数（台）	2
張り込み量（t／日）	14
張り込み時水分（%）	27
乾燥収量水分（%）	15
乾燥時間（h）	14
乾減率（%／h）	0.86
水分蒸発量（t）	2

11

乾燥分配シミュレーション

農研機構 NARO

通風乾燥と仕上げ乾燥をした事例

通風乾燥	
通風処理量（t／日）	7.9
通風開始水分（%）	27
通風終了水分（%）	19
通風時間（日）	8
乾減率（%／日）	**1.0**
水分蒸発量（t）	0.8
通風終了量（t／日）	7.1

仕上げ乾燥	
張り込み量（t／日）	7.1
張り込み時水分（%）	19
乾燥終了水分（%）	15
乾燥時間（h）	3.4
乾減率（%／h）	0.86
水分蒸発量（t）	0.3

許容貯蔵日数10-19日（水分20-19%）農機学会選書5より

外気温19～25℃の通風160時間で水分23.2→15.2%、乾減率1.2%/日、村田ら（1991）より

12

乾燥分配シミュレーション

農研機構 NARO

通常乾燥ルート

14t

水分20～%30

乾燥機の許容量は
直接投入

汎用穀物乾燥機

目標水分14～15%

予備乾燥ルート

7.9t

力を
超過した収穫物
は通風乾燥

穀物コンテナに送風し、
品質保持しつつ水分20%
未満に乾燥

収穫後
８日間までに

時

予備乾燥によって、全てを乾燥させるとともに、全体の灯油消費量削減も期待できる。

13

乾燥に使用する燃料の考察

全てを汎用遠赤乾燥機で乾燥した場合

汎用遠赤乾燥機55石	
台数（台）	3
張り込み量（t／日）	21.9
張り込み時水分（%）	27
乾燥収量水分（%）	15
乾燥時間（h）	14
乾減率（%／h）	0.86
水分蒸発量（t）	3.1

通風乾燥した場合

通風乾燥	
通風処理量（t／日）	7.9
通風開始水分（%）	27
通風終了水分（%）	19
通風時間（日）	8
乾減率（%／日）	1.0
水分蒸発量（t）	0.8

14

乾燥に使用する燃料の考察

	乾燥機2台＋通風		乾燥機3台	
	水分蒸発量（t）	化石燃料使用量（L）	水分蒸発量（t）	化石燃料使用量（L）
化石燃料利用	2.3	231	3.1	309
通風利用	0.8	0	－	－

灯油1Lあたり10kg蒸発で試算

子実水分27%では、 25%の灯油削減効果の可能性

同様に子実水分25％、30%で行った結果、
子実水分25％では、23%
子実水分30%では、 28%

初期水分と通風乾燥の目安水分によって効果は変わるが、
削減が期待できる。

15

これから必要になること

通風乾燥した場合

通風乾燥	
通風処理量（t／日）	7.9
通風開始水分（%）	27
通風終了水分（%）	19
通風時間（日）	8
乾減率（%／日）	1.0
水分蒸発量（t）	0.8

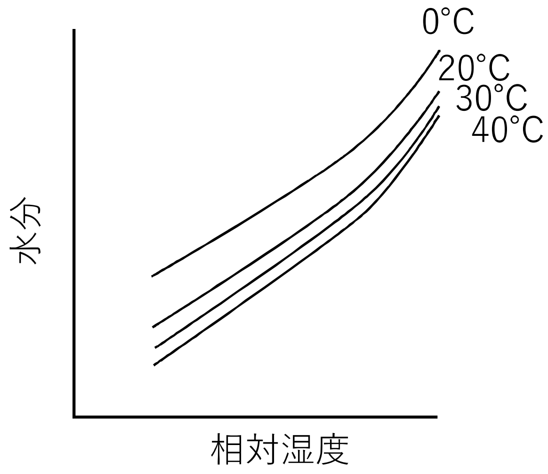
汎用コンバインで収穫した水分20%台の国産子実トウモロコシの**乾減率**の調査が必要

堆積層の厚さ
送風量
送風温度

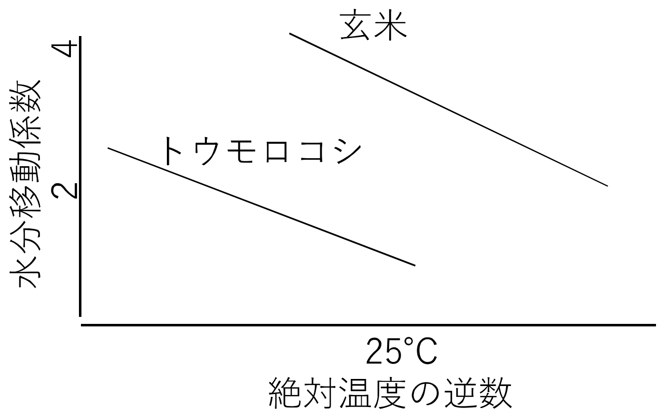
等による乾減率の変化と
子実トウモロコシの安全保管期間等

16

これから必要になること



トウモロコシ貯蔵時平衡水分



絶対温度の逆数と水分移動係数

相対湿度が同じなら温度が上がれば
乾燥が進む

玄米に比べてトウモロコシは
水分が移動しにくい

17

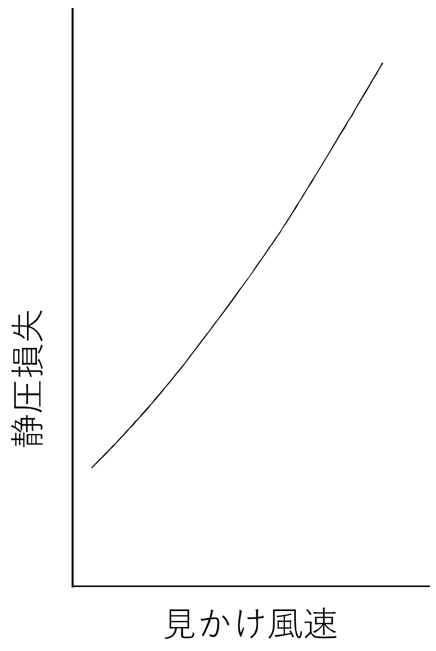
これから必要になること

穀物の温度と水分による蒸発熱

穀物の種類 含水率	温度				
	0	10	21	38	65
小麦					
5%d.b.	716	709	703	691	671
10%d.b.	683	677	671	659	641
15%d.b.	652	646	640	629	612
20%d.b.	612	606	601	590	573
トウモロコシ					
5%d.b.	819	811	803	790	768
10%d.b.	769	762	755	742	721
15%d.b.	724	718	711	699	679
20%d.b.	668	662	656	644	626
水	597	592	586	576	560

18

これから必要になること



トウモロコシの空気抵抗

風量比や通風量は、

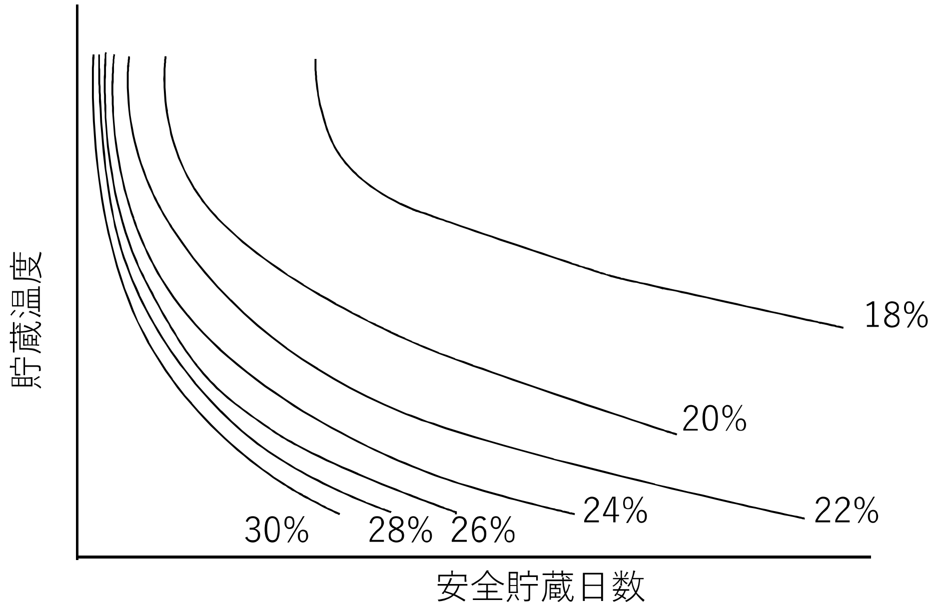
見かけ密度
空隙率
見かけ風速
堆積高さ

によって決定でき、
乾燥速度は風量比によって決まる。

予備乾燥を実現するために
これらの値の調査が今後必要となる。

19

これから必要になること



温度・水分によるトウモロコシ許容貯蔵日数

水分活性を調査し、微生物の挙動についての情報の追加が必要

20

最後に

過去の文献値を中心に報告

今後、新たに子実トウモロコシの乾燥に必要な情報の追加が必要

生産者に大きな負担をかけることなく、
生産量が拡大することを期待する。

21

以上で終了です。
ありがとうございました。

今回紹介した内容の一部は、農林水産省委託プロジェクト研究「子実用とうもろこし（国産濃厚飼料）の安定多収生産技術の開発」（R4～6）で得られた成果が含まれます。

研究課題の実施にあたり、ご協力いただいた関係者皆様に御礼申し上げます。

22