

みどりの食料システム戦略実現技術開発・実証事業のうち 農林水産研究の推進(委託プロジェクト研究)

子実用とうもろこしを導入した高収益・低投入型 大規模ブロックローテーション体系の構築プロジェクト 成果集



2026 年 3 月

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

表紙写真「スマート農業が活躍する新たなステージ」

(撮影：農研機構本部広報部広報課 前島 寛之)

20年以上前に整備された圃場の畦畔が撤去され、巨大化した圃場では、自動操舵により、わずかな蛇行もなく一直線に播種されています。将来の持続的な輪作体系として、水稻乾田直播栽培、新たな輪作作物として子実とうもろこし、極多収大豆の新品種「そらひびき」の狭畦栽培が、この大きな圃場で実証されました。

目次

はじめに・・・・・・・・・・5

1 東北地域における高収益・低投入型ブロックローテーション体系の構築

1-1 水稻、子実とうもろこし、大豆の大規模輪作体系

栽培暦	 水稻、子実とうもろこし、大豆の大規模輪作体系・・・・・・・・・・ 6
栽培技術	 ブロックローテーションに対応する簡易な合筆手法・・・・・・・・・・ 8
	 大規模輪作体系における肥培管理・・・・・・・・・・ 10
	 子実とうもろこしの導入効果・・・・・・・・・・ 11
現地実証	 大規模輪作体系の収量性・・・・・・・・・・ 12
	 子実とうもろこしの乾燥調製・流通体系・・・・・・・・・・ 14
経営評価	 大規模輪作体系の導入評価・・・・・・・・・・ 16

1-2 従来輪作体系への子実とうもろこし導入促進技術

栽培技術	 牛ふん堆肥活用による化学肥料の低減・・・・・・・・・・ 18
	 高速畝立播種機を利用した播種法の検証・・・・・・・・・・ 20
	 栽培体系を活用した畑雑草への除草剤防除効果・・・・・・・・・・ 21
	 播種精度に対するとうもろこし残渣のすき込み方法の影響・・・・・・・・・・ 22
	 立毛状態での子実フモニシン濃度の推移・・・・・・・・・・ 23
現地実証・経営評価	 従来輪作体系への導入実証と経営評価・・・・・・・・・・ 24

2 九州地域における高収益・低投入型ブロックローテーション体系の構築

2-1 春播き子実とうもろこしを導入した3年6作体系

栽培技術	 春播き子実とうもろこしの栽培技術・・・・・・・・・・ 26
	 子実とうもろこし後の小麦栽培など輪作技術・・・・・・・・・・ 28
現地実証	 春播き子実とうもろこしを導入した輪作体系の収量性・・・・・・・・・・ 30
経営評価	 子実とうもろこしを導入した3年6作体系の経営評価・・・・・・・・・・ 32

2-2 夏播き子実とうもろこしを導入した麦、大豆輪作体系

栽培技術	 夏播き子実とうもろこしを導入した麦、大豆輪作体系・・・・・・・・・・ 34
	 夏播き子実とうもろこしの堆肥活用技術・・・・・・・・・・ 35
	 麦作に影響を及ぼさないすき込み及び前処理方法と施肥法・・・・・・・・・・ 36
	 すき込んだ茎葉の肥料溶出パターン・・・・・・・・・・ 38
栽培技術・経営評価	 夏播き子実とうもろこし後の麦、大豆連作体系の検証と 経営評価・・・・・・・・・・ 40

目次

3 関東地域における子実とうもろこし、大豆輪作体系

3-1 子実とうもろこし、大豆畑輪作体系における 鶏ふん堆肥を利用した化学肥料低減技術

栽培技術	 子実とうもろこし、大豆畑輪作体系における化学肥料低減・安定多収栽培技術の開発・・・・・・・・・・・・・・ 42
現地実証	 鶏ふん施用によるとうもろこしの化学肥料低減、および前作とうもろこしによる大豆の安定多収・・・・・・・・・・・・ 44
コラム	 米国アーカンソー州における大規模水田輪作・・・・・・・・・・・・ 45

3-2 牛ふん堆肥や土壌養分を利用して栽培した 子実とうもろこしの後作への有機物および養分供給量 の解明と後作大豆における化学肥料低減効果の検証

栽培技術	 子実とうもろこしの後作への有機物及び養分供給量の解明と後作大豆における化学肥料低減効果・・・・・・・・・・・・ 46
------	--

4 子実とうもろこしを導入したブロックローテーションでの作業計画提示システム

栽培技術	 子実とうもろこしを導入したブロックローテーションでの作業計画提示システム・・・・・・・・・・・・・・ 48
------	---

これまで一般的に行われてきた水田輪作の体系は水稻・麦・大豆を中心にしたものでした。しかし、麦、大豆の栽培年数の増加により、現在では水田の地力(肥沃度)の消耗による生産力の低下が懸念されています。一方で昨今の世界情勢の劇的な変化による飼料作物の価格高騰をうけ、ほぼ全量を輸入に頼っている子実とうもろこしの国産化が急務となっています。子実とうもろこし生産では堆肥や残渣などの有機物を多く圃場に還元できることから、水田の地力維持が期待されます。しかし子実とうもろこしを水田輪作や畑輪作に組み入れた栽培体系については多くの不明な点がありました。

以上の背景から、本プロジェクトでは子実とうもろこしを導入した輪作体系に関する基本的な栽培技術の開発に加え、以下の研究を実施し新たな生産体系を構築することを目的としました。

- 化学肥料使用量を低減しつつ、地力維持、生産性の向上を図る施肥管理技術の開発
- 作期競合を考慮した作業計画を提示する栽培管理支援技術の開発
- 現状の輪作体系で子実とうもろこしの導入を促進するための基盤技術の開発
- 生産後の流通体制の構築に必要な大規模流通の実証

また本プロジェクト名にある「ブロックローテーション」とは団地化された水田輪作体系を意味しており、大規模なブロックローテーションは作業効率の向上に大きく寄与することが期待されています。

本成果集は、この目標達成のため、2023年度から2025年度にかけて宮城県、茨城県、佐賀県において実証試験を行い、その結果を中心に取りまとめたものです。本成果集では要約の前に各項目の対象読者を記し、生産者・普及機関・研究機関・実需者などの皆様が、それぞれの立場から子実とうもろこしを導入したブロックローテーション体系に取り組むための情報がまとめられています。本成果集の活用が、子実とうもろこしを導入したブロックローテーション体系の普及の一助になれば幸いです。

農水委託プロ「子実とうもろこしを導入した高収益・低投入型ブロックローテーション体系の構築プロジェクト」研究代表

農研機構東北農業研究センター
高橋智紀

栽培暦

水稻、子実とうもろこし、大豆の大規模輪作体系

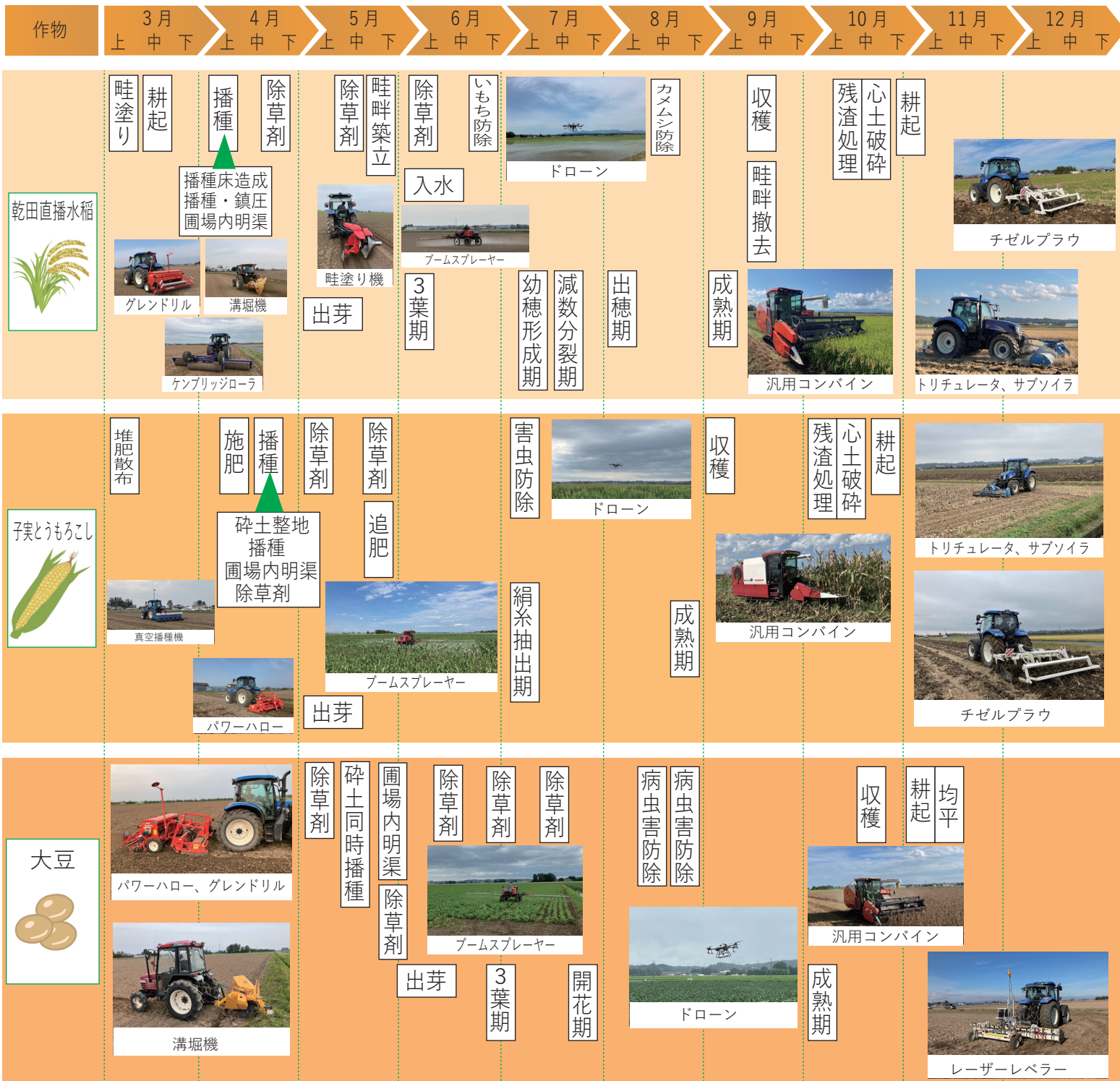
農研機構東北農業研究センター、古川農業協同組合

対象者

- 生産者（法人）
- 研究機関・企業
- 普及機関
- 実需者

大規模輪作体系では数百 ha を対象とする広範囲なエリアを想定し、各作物を一つのブロックにまとめて、作業をブロック毎に単一化することで作業能率の向上を図る大規模ブロックローテーションに向けた作業体系を構築しました。

① 大規模輪作体系 栽培暦 - 3年3作 - (水稻 — 子実とうもろこし — 大豆)



② 大規模輪作体系 栽培暦（水稻 — 子実とうもろこし— 大豆）

- 本輪作体系では、水稻を乾田直播栽培として無代かきとすることにより排水機能を高い状態に保ち、水稻作にも畑作にも適した圃場条件を維持します。
- 子実とうもろこしは、栽培時に堆肥を多く投入でき、茎葉残渣もすき込み利用できるため、輪作への導入により地力の回復、維持が図られます。堆肥は、子実とうもろこし栽培前のみの鶏ふん堆肥を投入します。3 つの作物で必要となるリン酸、カリはこの1度の施用でまかなわれるため、化学肥料の使用量を削減しました（詳細は p12）。
- 約2~3ha の大区画圃場での作業となるため、作業機の作業幅はいずれも3m 以上とし、トラクタは作業機に対して 99kw(135ps) としました。
- 耕起はいずれの作物でも高速での牽引作業となるチゼルプラウを使用します。碎土・整地や鎮圧では、縦軸駆動ハロー（パワーハロー）やケンブリッジローラを使用し、作物や土壌の状態に合わせて播種床を造成します。
- 播種は水稻、大豆では条播となるグレンドリル、子実とうもろこしは点播が好ましいことから真空播種機とします。
- 機械費削減のため、収穫はいずれの作物も汎用コンバインで収穫することとしました。子実とうもろこしの収穫はコーンヘッダを使用し、大豆、水稻は通常のリールヘッダを使用します。
- 多くの機械は水稻作、畑作で汎用利用できることから 10a 当たりのコストの低減が期待できます。また、作業機は畑状態で主に牽引作業による利用となるため、作業能率重視の高能率作業体系となっています（詳細は p16）。

ブロックローテーションに対応する簡易な合筆手法

— 農研機構東北農業研究センター、古川農業協同組合 —



- 生産者（法人）
- 研究機関
- 普及機関

ブロックローテーションでは、同一作物が隣接圃場集まるため、圃場の高低差が小さい場合は、合筆することにより圃場をより広く利用でき、作業能率の面で有利となります。従来の土の移動を伴う合筆では多くの労力を要するため、ここでは、仮畦畔の設置、撤去で簡易に合筆する手法を考案しました。簡易な合筆手法では、隣接する圃場の畦畔を除去し、土の移動は行わずに 10~20cm 程度の高低差は許容しますが、その位置に水稻乾田直播栽培の入水直前に畦畔を築立することで、水稻栽培の適正な水管理、および長辺方向の効率的な作業が可能となります。

① 簡易的な合筆手法による圍場の利用方法

- チゼンプラウやロータリ耕うん機により畦畔を除去します（図 1、図 2）。
- 隣接する旧耕区の高低差が 10cm 以内となる圃場単位を仮耕区として設定し、均平作業を行います。
- 隣接する旧耕区の高低差が 10cm以上となる場合は、均平作業による切盛は実施せず、水稻乾田直播栽培時に、水稻の出芽後、入水直前に仮耕区の境界に畦塗り機で仮畦畔を築立し、仮耕区単位で水管理を行います。
- 水稻収穫後は仮畦畔を除去し、畑作時や乾田直播の播種などの作業は合筆後の長辺方向で実施します。

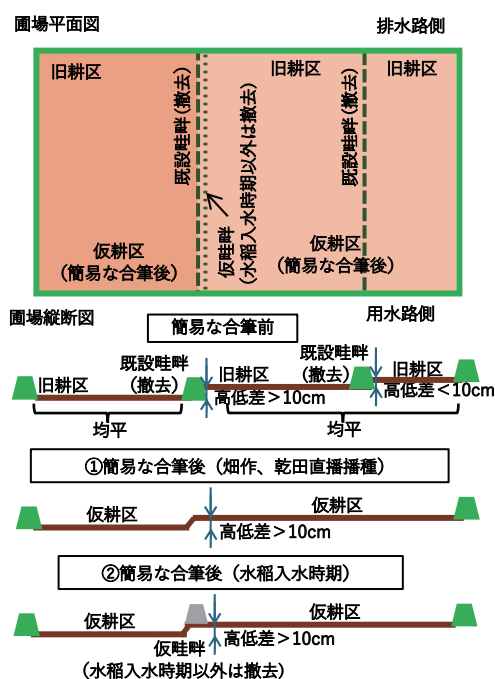


図1 簡易な合筆手法の模式図



図2 チゼルプラウによる畦畔の除去

2

簡易な合筆による作業能率の向上

- 圃場区画面積の増加に伴い、乾田直播の播種作業の作業能率が向上します(図3)。
- 畦畔を除去することにより、短辺と長辺が入れ替わる場合や、100m×100mの圃場などを合筆して長辺長が増大する場合は、面積あたりの巡回回数の減少により作業能率が向上します。

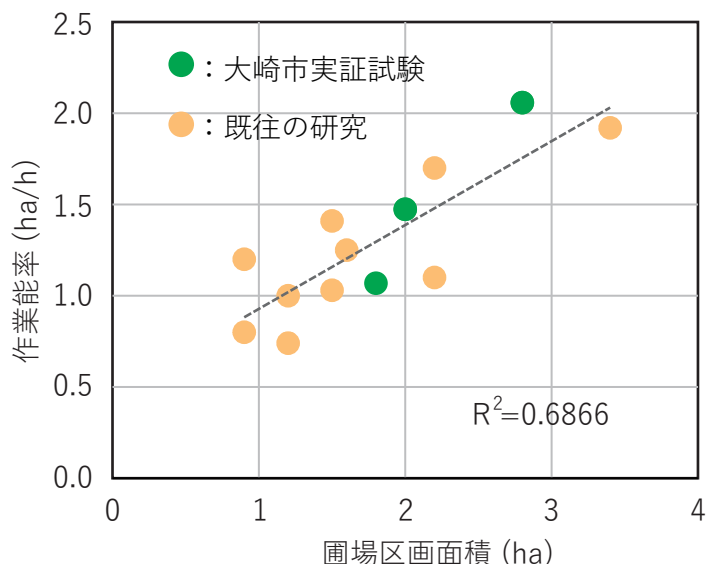


図3 圃場区画面積と作業能率の関係

3

仮畦畔の築立

- 仮畦畔は畦塗り機で築立します。仮畦畔の高さ(H)は風による吹き寄せ等の余裕高を見込むと最低でも25cmの高さが必要です(図4)。
- 平らな圃場から新たに畦畔を築立する場合、片側1工程(1往復)の作業では高さ20cm程度となり必要な高さを得られませんが、1工程目を仮畦畔の中心から1.5mほど離れた位置から土を寄せて、2工程目で寄せた土の上を畦塗り機が走行し、仮畦畔を築立することで目標値が得られます(図5)。
- 強固な畦畔を築立するには、通常の畦塗りと同時に土壌の水分が高い状態で作業する必要があります。

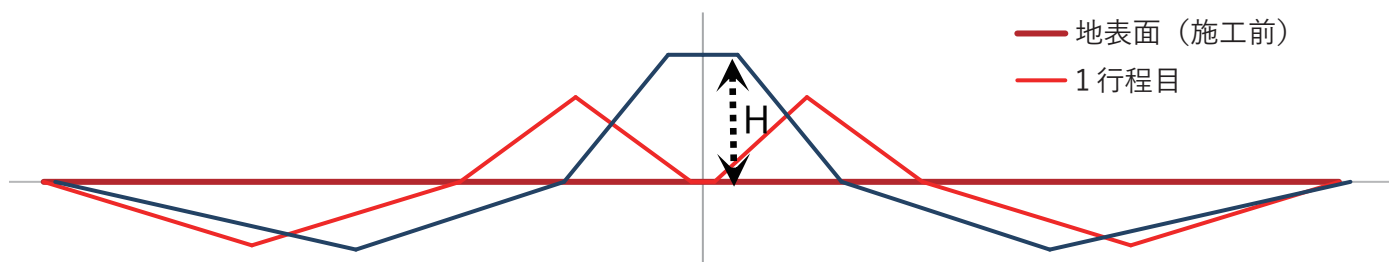


図4 仮畦畔の断面形状の模式図



図5 仮畦畔の築立状況

左：1工程目（土寄せ）、中左：2工程目（築立）、中右：築立後、右；全景（矢印は仮畦畔位置）

大規模輪作体系における肥培管理

農研機構東北農業研究センター、東北大学

対象者

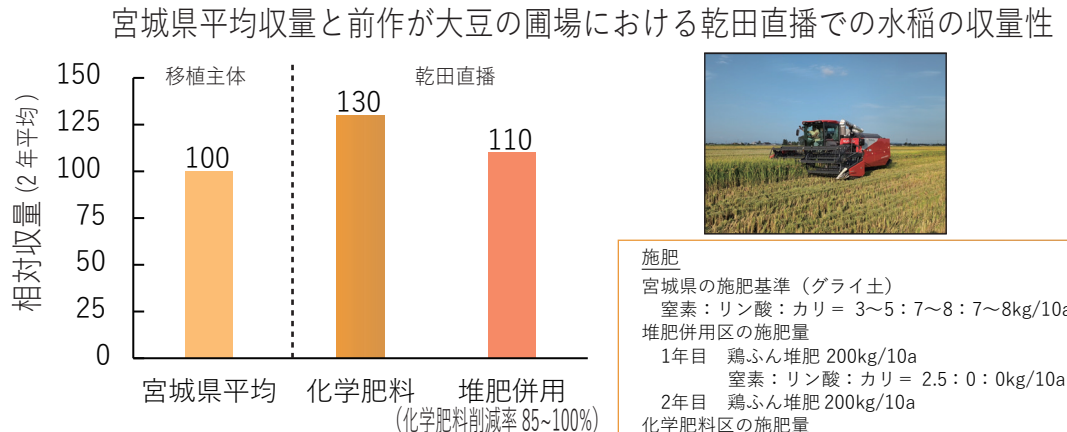
- 生産者（法人）
- 普及機関

化学肥料による移植水稻と大豆の輪作体系に、子実とうもろこしを導入し、堆肥投入を主体とした施肥体系を構築することで、目標としていた輪作全体で慣行施肥に対して化学肥料の 30% 削減が達成できました。

新たな施肥体系における収量性

① 水稻

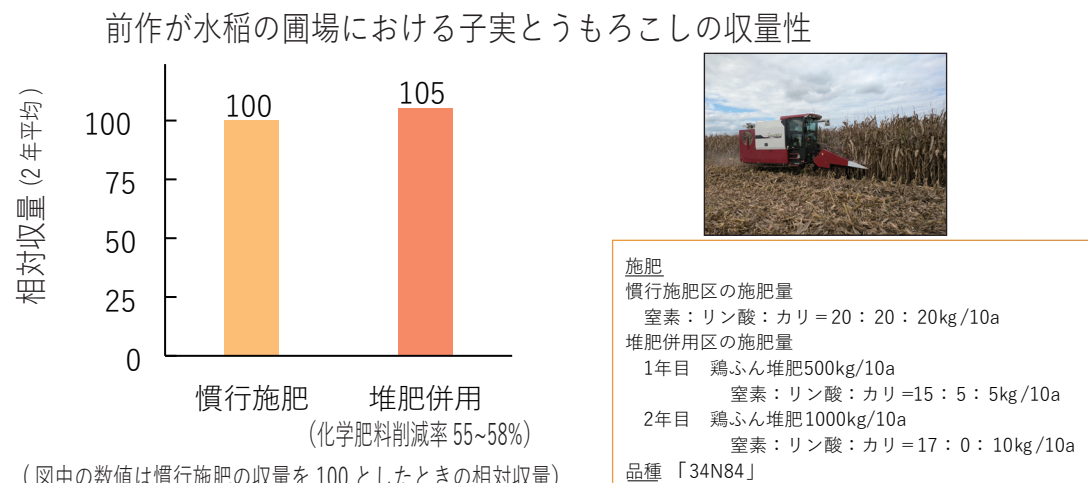
鶏ふん堆肥の施用により、化学肥料を宮城県の施肥基準から大幅に削減しても宮城県平均収量と同等の収量確保



(図中の数値は宮城県平均の収量を 100 としたときの相対収量
ふり目：宮城県平均 1.70mm、試験データ 1.85mm
宮城県の平均収量は移植栽培を主体とした値)

② 子実とうもろこし

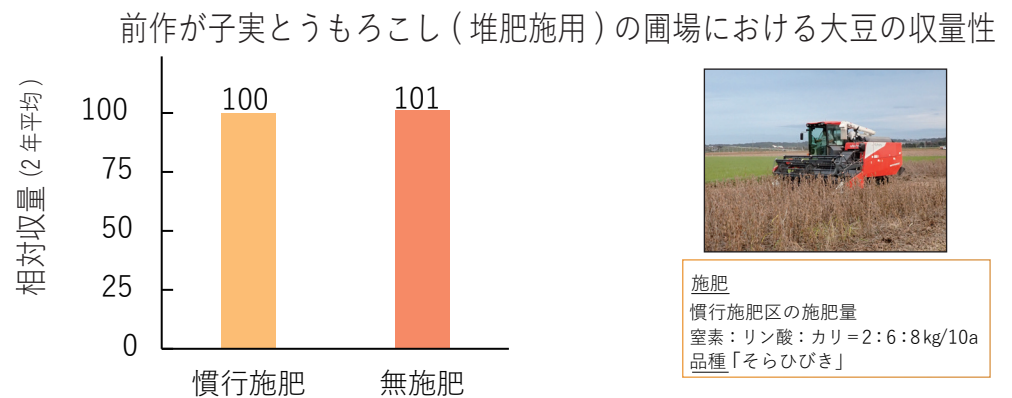
鶏ふん堆肥の併用により化学肥料を慣行施肥量から約50%削減しても収量維持



(図中の数値は慣行施肥の収量を 100 としたときの相対収量)

③ 大豆

子実とうもろこし導入により化学肥料無施肥でも収量維持



(図中の数値は慣行施肥の収量を 100 としたときの相対収量)

※ リン酸は P_2O_5 、カリは K_2O を示す。p7とは異なる施肥体系

子実とうもろこしの導入と水稻・子実とうもろこしへの鶏ふん堆肥の施用により、目標である輪作全体で慣行施肥等に対して化学肥料 30% 削減が達成できました（この事例では約 70% 削減）。

子実とうもろこしの導入効果

農研機構東北農業研究センター、東北大学

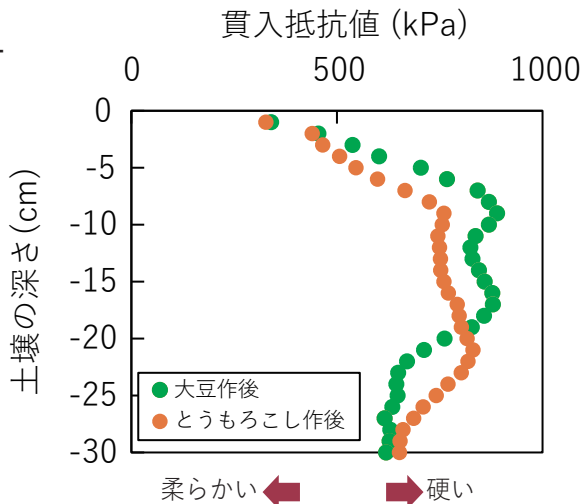
対象者

- 生産者（法人）
- 普及機関

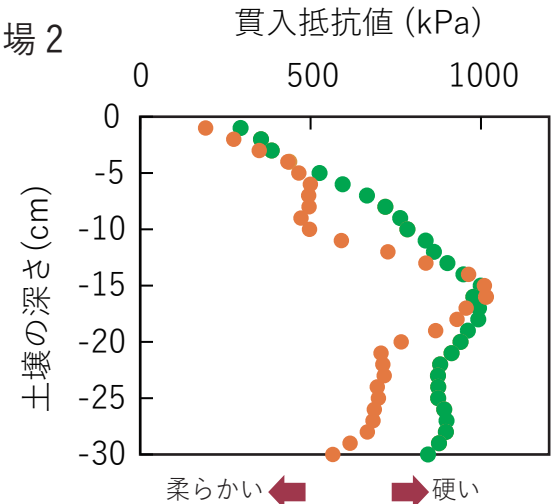
輪作体系に子実とうもろこしを導入することで、大豆を栽培した場合よりも、
①表層土壌が柔らかくなりました。また②後作大豆の生育が促進されました。

① 子実とうもろこしの導入による土壌物理性への効果

圃場1



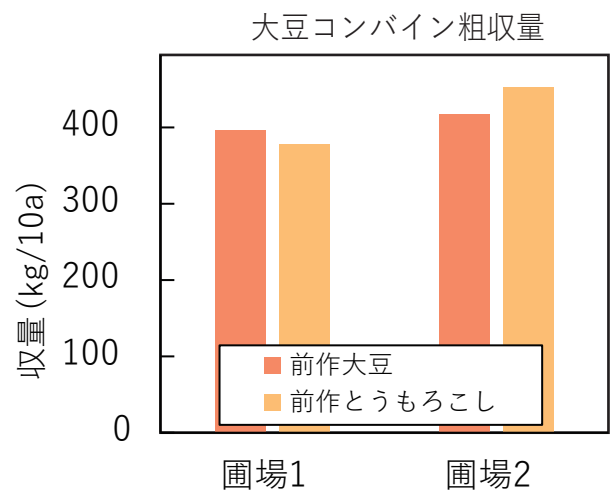
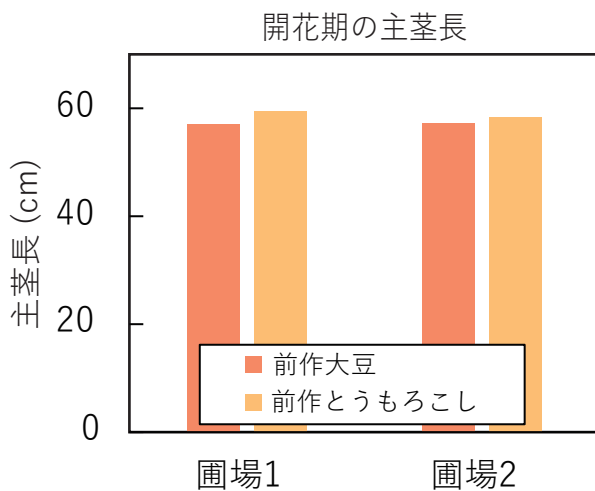
圃場2



※一筆の圃場を分割し、慣行施肥量（堆肥無施用）で大豆もしくは子実とうもろこしを栽培した場合。各処理5点の平均値

子実とうもろこしの導入により表層（0～15cm）の土壌が柔らかくなりました
（貫入抵抗値が低くなりました）。

② 子実とうもろこし導入による後作大豆の生育への効果



※一筆の圃場を分割し、前作として慣行施肥量（堆肥無施用）で大豆もしくは子実とうもろこし栽培後、翌年に後作として大豆を栽培した場合

子実とうもろこしの導入により、大豆を連作した場合よりも生育が促進されました
（主茎長がやや長くなりました）。収量は同程度～やや増加する傾向にありました。

大規模輪作体系の収量性

農研機構東北農業研究センター、古川農業協同組合

対象者

- 生産者（法人）
- 研究機関・企業
- 普及機関
- 実需者

合筆により圃場を大きく使用し、堆肥主体の肥培管理による大規模輪作体系を3年間実証した結果、3年間の平均収量は水稻乾田直播「つきあかり」626kg/10a、子実とうもろこし「34N84」696kg/10a、大豆「そらひびき」319kg/10aとなりました。

1 水稻乾田直播

- 実証試験では地域の平均的な移植栽培の収量（統計値）よりも高い平均収量が得られました（図1）。
- 堆肥施用を主体としたため化学肥料としてリン酸、カリは投入せず、窒素のみ2年間施肥しました（表1）。
- 2023年、2024年は高い収穫量が得られましたが2023年はかなり倒伏しました。
- 汎用コンバインで収穫するために、2024年からは施肥を少なめにし、2025年は途中の生育が旺盛だったため、倒伏軽減剤も使用し、倒伏を抑えました。
- 簡易な合筆後に田面差があるために築立した仮畦畔を収穫時に除去して1筆全体で収穫しました（図2）。
- 倒伏を抑えて、高い収量を得るためには、短稈の多収品種（「萌えみのり」等）を用いることが有効です。

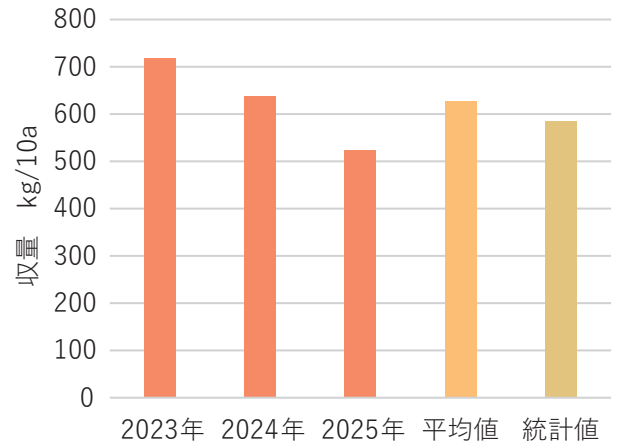


図1 水稻乾田直播の収量

収量は統計値にあわせて1.7mm篩以上分、統計値は大崎市2023、2024年の平均値

表1 圃場条件と施肥量

年	前作	施肥量 kg/10a		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
2023	移植水稻 + 大豆	7.3	0	0
2024	大豆	2.7	0	0
2025	大豆	0	0	0



図2 仮畦畔を除去して2ha全体を汎用コンバインで収穫（2025年）
（破線は撤去前の仮畦畔の位置）

2 子実とうもろこし

- 2023 年は前作が移植水稻のため、圃場の排水機能が低く、湿害により収量が低下しました。畑作物の栽培には圃場の排水機能が非常に重要です（図 3）。
- 2024 年以降の収量は圃場の排水機能が低い条件となり、地域平均収量を上回りました。
- 堆肥を利用することにより、化学肥料を慣行栽培の施肥量の約50%に低減しても地域平均と同等以上の収量が得られました（表2）。

3 大豆

- 極多収大豆「そらひびき」の 3 年間の平均収量は、300kg/10a以上と統計値を大きく上回りました（図 4）。
- いずれの年も、子実とうもろこし後の圃場で無施肥で栽培しました。
- 慣行の条間の半分 36cm の狭畦栽培で、中耕などの管理作業が不要ですが、大豆の葉が圃場を覆うまで、除草剤で雑草を確実に防除することが必要です。2023年の圃場は畑連作圃場であったため、雑草が多く発生したことから収量が低下しましたが、翌年以降は除草剤で適切に管理でき収量も向上しました（図 5）。



図 5 大豆の栽培状況 (2025/7/7)

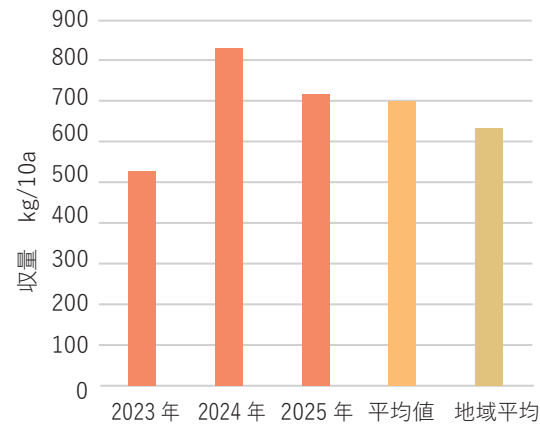


図 3 子実とうもろこしの収量
収量はコンバイン収穫後に計測した値、
地域平均は 100ha 規模の実証試験の
2023、2024 年の結果の平均値

表 2 圃場条件と施肥量

年	前作	施肥量 kg/10a		
		N	P2O5	K2O
2023	移植水稻	13	8.4	8.4
2024	乾田直播水稻	13	8.4	8.4
2025	乾田直播水稻	13	8.4	8.4
基準値（マニュアル）		20	18	18

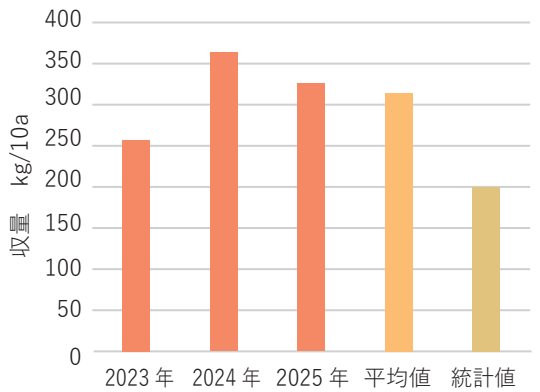


図 4 大豆の収量
収量は乾燥調製後の出荷数量
統計値は大崎市の 2023、2024 年の平均値

子実とうもろこしの乾燥調製・流通体系

—農研機構東北農業研究センター、全国農業協同組合連合会、JA 全農くみあい飼料（株）、古川農業協同組合—

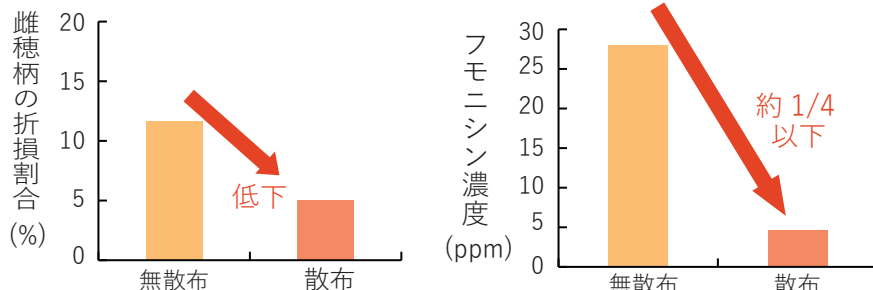
対象者

- 大規模栽培を行う農協・生産者（法人）
- 実需者
- 普及機関

子実とうもろこし生産では、実需者から大量、かつ、安定した品質が要望されます。そのためには、①栽培時における確実な害虫防除、②乾燥施設での適切なサンプリング、③かび毒検査体制の構築、④遅滞のない乾燥作業、が重要です。地域の各生産者が、かび毒値の低い、安定した品質で生産することで、地域での大ロット化やさらに広いエリアでの産地化も視野に入ってきます。

① 殺虫剤散布による子実とうもろこしの品質確保

アワノメイガによる食害は、折損や雌穂落下、子実のかび発生リスクの増大につながるため、安定した乾燥調製・流通体系構築の前提として、栽培時の殺虫剤による適期防除が重要です。



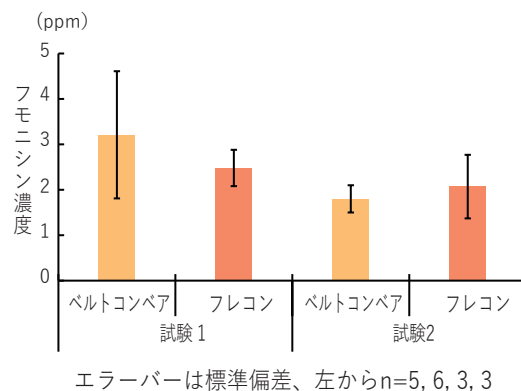
2023 年 4 月 21 日（品種 34N84）播種、7 月 10 日（絹糸抽出期）殺虫剤として、クロラントラニプロール水和剤（プレバソンフロアブル 5）を 20 倍で散布、かび毒分析は簡易かび毒検査キット（Total tox）によった。指標として、盛岡以南の代表的なかび毒であるフモニシンにて評価した。



食害するアワノメイガ幼虫
(左上：成虫)



食害部に発生したかび



② 乾燥施設（カントリーエレベーター等）でのかび毒検査

1) サンプリング手法

[サンプリングの考え方]

かび毒分析に使う子実は少量である一方、かび毒は一様にすべての粒に含まれるわけではなく、偏在しています。そのため、かび毒を多く含む粒が分析子実に含まれると、収穫物全体のかび毒濃度とはかけ離れて高い値を示すことがあります。また、現場での簡易な分析手法は精度のばらつきもあります。そのため、真に代表的な値となるように多くの箇所から余裕のある量を採取し、もし高濃度を示しても再測定できる量を確保することが重要です。

[サンプリング箇所について]

乾燥機やタンクの槽内表層部分に品質の悪い粒が集まる傾向があることが、経験的に知られています。この部分の採取を避けることが重要で、ベルトコンベア上からでもフレコンからの採取でもかび毒濃度には影響しません（図）。排出開始後の 1 本目～中間程度のフレコンから、あるいは、ベルトコンベアでは、排出はじめから中ごろで採取しましょう。

2) 簡易かび毒検査キットによるかび毒検査体制の構築

現場におけるかび毒の検査体制の構築には、まず、要員・検査場所（粉碎室＋分析室）が必要です。定常的な検査を実施するには、新規に要員配置がなければ「同一担当者の継続は困難」「毎日の検査は不可能、業務の合間で週2～3回程度なら分析可能」との知見を得ました。その上で、荷受ペースが同じならば「面積拡大にも対応が可能」との見通しでした。また、分析結果が出るまで、乾燥後の子実を一時的に保管し、結果確認後、問題がなければ出荷という流れが想定されるため、乾燥後子実の一時保管場所の確保も必要となります。

分析の流れ（1点あたり分析時間：約15分）

1. 試験粉碎（約2分）
2. イムノクロマト分析（約13分）
 - ・ 試料秤量
 - ・ 抽出～遠心分離
 - ・ 恒温でのクロマト展開
 - ・ 機器測定

粉碎用ミル⇒



検査機器一式⇒



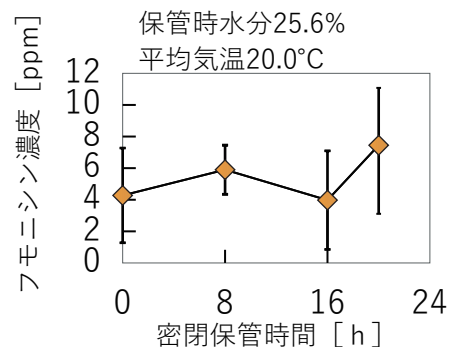
3) 子実とうもろこしと一時貯留

子実とうもろこしでも他の穀物と同様に、天候等の都合で処理能力を超える穀物が持ち込まれ、乾燥処理前の一時貯留が必要となる場面も想定されます。この場合も、他の穀物同様、高水分条件では、かびによる腐敗や呼吸による損耗、かび毒濃度の上昇といった危険があるため、遅滞のない乾燥作業が求められます。

一時貯留を想定した試験

- ・ 収穫後子実をプラスチック袋に密閉
- ・ 設定時間が経過後、常温通風
- ・ 水分25%程度、平均気温20℃
- ・ フモニシン濃度は乾燥後に測定

保管時間によるかび濃度への影響は、統計的には観察されなかったが、平均値としては増加する恐れがみられた。



保管時間がかび毒へ与える影響の測定事例、エラーバーは95%信頼区間

4) 広域流通に向けて

[品質基準について]

現在、国内で流通している飼料用の子実とうもろこしは、米国産のUSグレードNo.3基準のものが大部分であるため、国産の子実とうもろこしについても、この基準に沿った品質を確保することが必要です。

[流通形態について]

飼料原料としては、需要先で大量消費されるほか、通年供給が求められるため、品質が均一な大量の製品が求められます。そのため、地域単位などで大ロットとする工夫が必要です。その前提として、かび毒低減策の地域での共有など、地域全体で品質を安定化することが求められます。

大規模輪作体系の導入評価

農研機構東北農業研究センター



宮城県大崎市で実証した大規模輪作体系は、機械の汎用利用、化学肥料の削減により費用の上昇を抑制しつつ、輪作、多収品種の利用により、特に大豆の収益性が向上します。そのため、慣行体系（移植水稻・地域慣行大豆）と比較して、所得の向上が見込まれます。

(1) 10a 当たりの利益

	移植水稻	慣行大豆	実証乾直	実証コーン	実証大豆
限界利益	43,850	36,882	46,516	9,093	64,102
収量 (kg/10a)	540	175	540	773	350
単価 (円/kg)	202	140	194	36	100
収入合計	109,080	87,675	104,760	85,328	118,650
販売収入	109,080	24,500	104,760	27,828	35,000
面積払	-	35,000	-	57,500	35,000
収量払	-	28,175	-	0	48,650
変動費合計	65,230	50,793	58,244	76,235	54,548
種苗費	2,016	3,196	4,485	5,001	6,392
肥料費	11,240	6,914	790	26,404	0
農業薬剤費	10,648	6,216	12,113	5,762	13,110
その他の経費	41,326	34,467	40,856	39,068	35,046

※その他の経費には、支払地代や水利費、共同乾燥施設利用料などが含まれています。

(円/10a)

宮城県大崎市での実証試験に基づき、10a 当たりの収入（販売収入、交付金）から変動経費を差し引いた 10a 当たりの利益（限界利益）を試算しました。実証地域の実態を参考に設定した販売単価、資材価格、慣行単収をもとにした試算では、実証体系で大豆の限界利益が大きく増加し、収益性が大きく向上することがわかります。なお、実証体系で利用した大豆新品種「そらひびき」は、現時点で産地品種銘柄の登録がないことから、「その他の大豆」を想定した価格を設定しています。また、実証体系の乾田直播は後述するとおり、汎用コンバインでの収穫を想定しています。そのため、限界利益の試算に当たっては、実証試験において、倒伏程度が低く、汎用コンバインで収穫できた圃場の結果に基づいて、収量を設定しています。費用についてみると、子実とうもろこし（コーン）では、3つの作物で必要になるリン酸、カリを鶏ふん堆肥の投入によってまかなうため、肥料費が多くかかります。一方で、乾田直播、大豆では、肥料費がほとんどかかりません。実証体系の大豆は狭畦栽培で、種苗費が慣行より多くかかるほか、機械除草ができないため、除草のための薬剤費が多くかかっています。

(2) 固定費

労働力4名を想定したモデル試算では、作付面積は慣行体系 90.2ha、実証体系 98.5ha となります。その際必要となる固定費（建物・自動車・農機具の減価償却費、固定資産税等の年額）を比較すると、実証体系と慣行体系で大きな差はありません。実証体系では大型の作業機を複数必要とする一方で、機械の汎用利用が可能で、田植機や育苗施設など、移植水稻専用の資産が不要となるためです。また、汎用コンバインですべての作物を収穫することで、自脱コンバインも不要となります。

▼主な機械の台数と固定費の総額

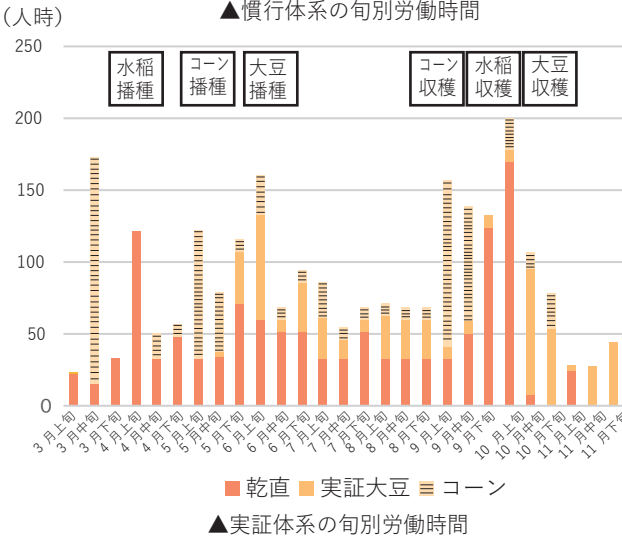
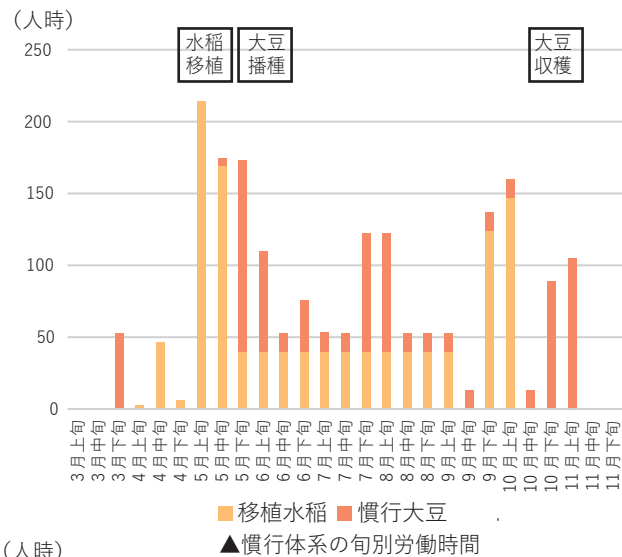
機械	慣行	実証
大型トラクタ	1台	2台
中型トラクタ	2台	1台
小型トラクタ	1台	1台
田植機	1台	0台
自脱コンバイン	1台	0台
汎用コンバイン	1台	1台
固定費総額 (万円)	2,415	2,467

③ 労働時間の平準化

実証体系では、合筆した大区画圃場でチゼルプラウやパワーハローなどの高速作業が可能な作業機を使用することに加え、水稻乾田直播、子実とうもろこしを導入することで、春や秋の作業を平準化でき、労働力を有効活用しながら作付面積を拡大することが可能です。

※モデル上の作付面積は慣行体系 90.2ha（移植水稻：39.8ha、慣行大豆 50.4ha）、実証体系 98.5ha（各作目 32.8ha ずつ）

※慣行体系の労働時間は地域実態や宮城県「低コスト大規模水田営農の手引き」を参考に設定し、畦畔補修や秋耕などの管理作業を含めない値です。



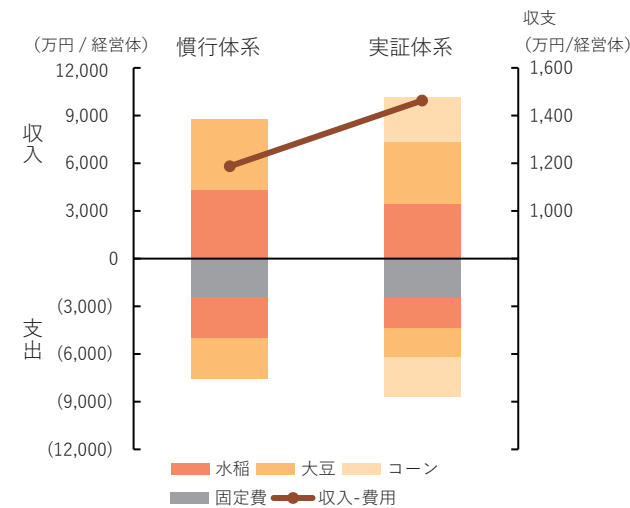
④ 経営収支

以上で述べた通り、実証した大規模輪作体系は、機械の汎用利用、化学肥料の削減により費用の上昇を抑制しつつ、輪作、多収品種の利用により、特に大豆の収益性が向上します。ここまで示した10a当たりの利益、固定費、労働時間をもとにしたモデル試算では、慣行体系（移植水稻・地域慣行大豆）と比較して、実証体系で所得（ここでは〔作物収入〕-〔労働時間を除く費用〕としています）の向上が見込まれます。

⑤ 汎用コンバイン活用の留意点

水稻栽培収穫では、自脱コンバインが用いられることが一般的ですが、本実証体系では、汎用コンバインを利用しています。汎用コンバインにおける水稻収穫は、大豆、子実とうもろこしの収穫作業の約1.5～2倍の時間を要します。そのため、輪作に伴う3作物の面積均衡を図ろうとすると、全体の面積が水稻の収穫面積に規定されてしまいます。輪作全体での収益性確保のためには、水稻の収穫作業期間を十分に確保できるよう、品種選択・組み合わせを検討することが必要です。

また、汎用コンバインで倒伏した水稻を刈ろうとすると著しく作業性を低下させますので、収益性確保には、倒伏を避ける栽培管理や品種選択も重要です。



※実証体系における収穫作業時間	水稻（刈幅 3.2m）	3.3 時間 /ha
（全て汎用コンバイン）	大豆（刈幅 3.2m）	1.4 時間 /ha
	子実とうもろこし（3条刈）	2.0 時間 /ha

栽培技術

牛ふん堆肥活用による化学肥料の低減

宮城県古川農業試験場



子実とうもろこしを含む輪作体系において、これまでの化学肥料に代え堆肥投入を主体とした新たな施肥体系を構築しました。現地の水稻移植栽培と大豆栽培の慣行栽培体系に対して、目標としていた化学肥料30%の低減が可能であることを明らかにしました。

① 作付・施肥体系

子実とうもろこし（または大豆）—大豆—乾田直播水稻の3年3作体系で栽培試験を行いました。1作目に牛ふん堆肥を施用することで、慣行施肥と比べて67%の化学肥料削減が可能となり、3作目の水稻は無施肥で560kg/10a程度の収量を得ることができました。

表1 試験区の構成（輪作体系区：堆肥は牛ふん堆肥を使用）

試験区	2023年					品目	2024年	2025年
	化学肥料(kg/10a)			堆肥	減肥率			
	N	P	K	(t/10a)	(%)			
N P K	20	20	20	0	0	子実とうもろこし 大豆	N 2kg/10a × 大豆	無施肥 × 乾直水稻
Nのみ	20	0	0	0	67			
堆肥3t	20	0	0	3	67			
堆肥5t	20	0	0	5	67			

② 子実とうもろこしの生育・収量

子実とうもろこしに対する堆肥施用の効果を調べたところ、リン酸・カリ肥料の施用が無くても、堆肥を施用（3tまたは5t）することにより、生育量の確保は同等か早く、収量は慣行と同等となりました。

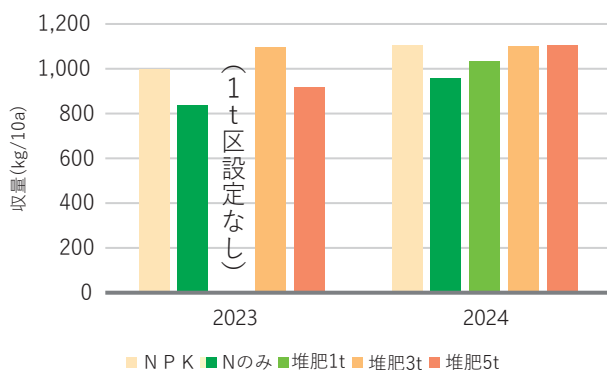


図1 堆肥の施用量ととうもろこしの収量(2023~2024年)

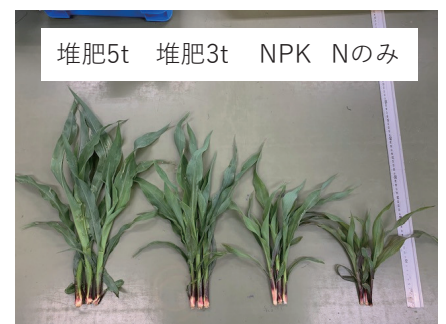


図2 播種35日後のとうもろこし(2023年)

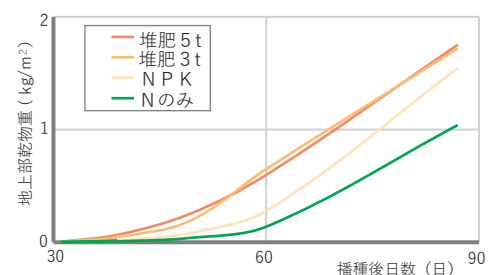


図3 とうもろこしの地上部乾物重推移(2023年)

③ 前作作物による大豆の根の変化

とうもろこし作後の大豆は堆肥の有無にかかわらず、連作大豆より収量が 2 割以上高くなりました。また、大豆根に着生する根粒の数が多く、細根が発達している様子が観察されました。

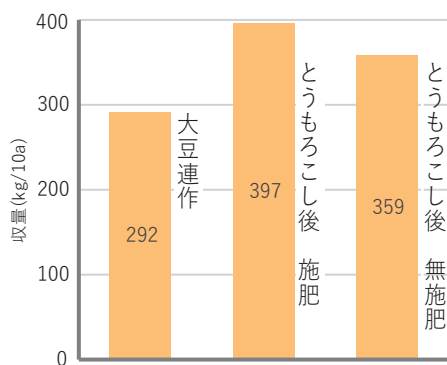


図4 とうもろこし後大豆収量 (2024 年)

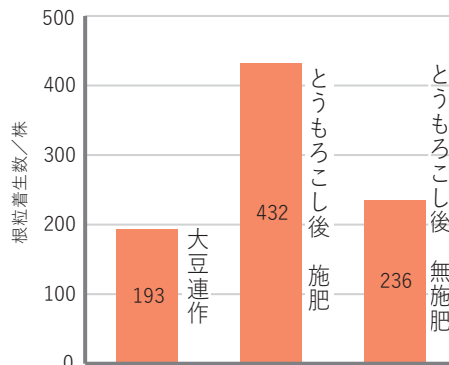


図5 大豆収穫期における株あたり根粒着生数 (2024 年)



図6 前作作物による大豆根形状の違い (2025 年)
(左:大豆後 右:とうもろこし後)

④ 1 作目への堆肥投入と 3 作目直播水稻の収量

1作目の子実とうもろこし / 大豆に堆肥施用(3 t または 5t) した区では、1作目に化学肥料を施用した区よりも3作目の直播水稻(無施肥) の収量が高くなりました。

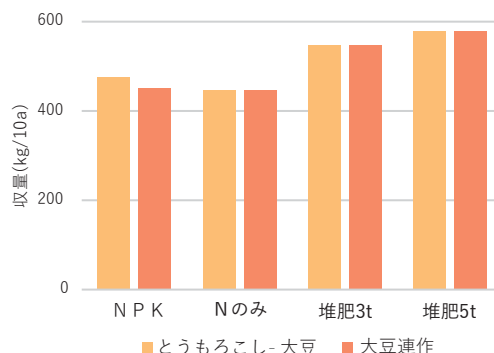


図7 輪作体系における前作、施肥法が直播水稻(げんきまる)の収量に及ぼす影響 (2025 年)

⑤ 土壌の化学性の変化

1 作目の子実とうもろこしに堆肥を施用した区の土壌中交換性カリウム・可給態リン酸含量は、3 作目の直播水稻作付終了時まで、化学肥料施用区より高くなりました。

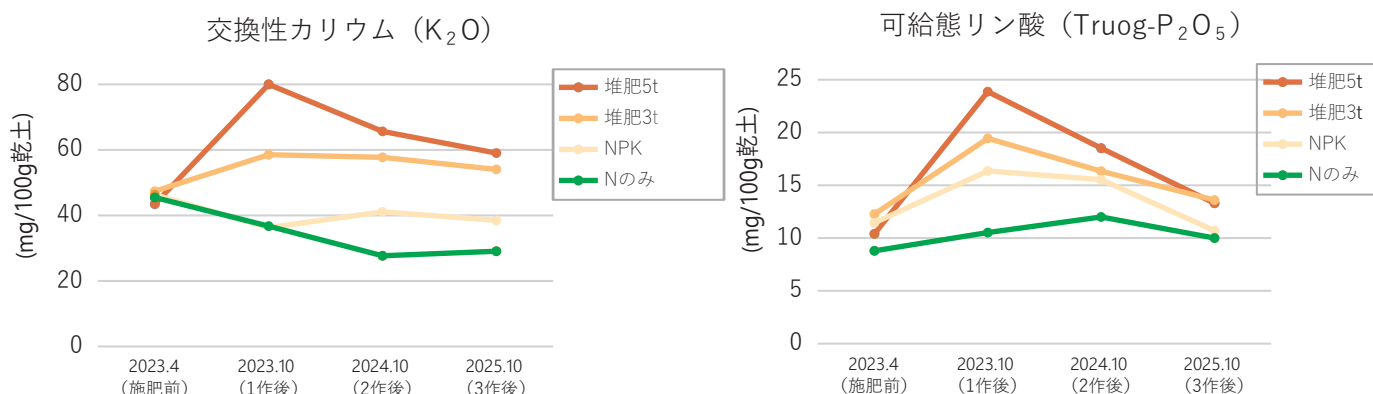


図8 輪作体系での土壌中交換性カリウム・可給態リン酸濃度の推移 (2024年~2025 年) (2023 年:とうもろこし → 2024年:大豆 → 2025年:乾田直播水稻)

高速畝立播種機を利用した播種法の検証

宮城県古川農業試験場

対象者

- 生産者（法人）
- 普及機関

導入促進技術開発として、大豆播種に利用されている高速畝立播種機を汎用利用し、子実とうもろこしの播種に利用した場合の畝立播種の有効性や収量・耐倒伏性を平畝播種と比較した結果、播種精度と出芽率は同等、畝立の有無による生育や収量、倒伏への影響はありませんでした。

① 播種精度の検証

畝立播種と平畝播種（播種機の種子操出部は同じ）の播種精度が同等であることを確認しました。播種深や株間については、播種時の調整や確認が必要です。

表1 機械設定

	目皿サイズ	条間 (cm)	株間 (cm)	作業速度 (km/h)
畝立区	△16Φ8mm	75	16.5～18.5	6～7
平畝区				

② 出芽の遅早と出芽率への影響

畝立区の出芽は平畝区より遅れる場合がありますものの、最終的な出芽率は同等となりました。畝立により排水性が向上するため播種後の降雨が少ない年次では、出芽の遅れを観察しました。その後の生育ステージは平畝区と同等の生育経過となります。

表2 播種精度

	碎土率 (%)	播種深 (cm)	株間 (cm)	栽植密度 (本/10a)
畝立区	83	4.1	20.0	6,688
平畝区		3.4	19.4	6,882

注) 碎土率、播種深、株間、栽植密度は3か年の
平均値を示す

③ 収量や耐倒伏性への影響

約1,000kg/10aの収量水準では、畝立の有無による生育や収量、倒伏への影響は確認されませんでした。

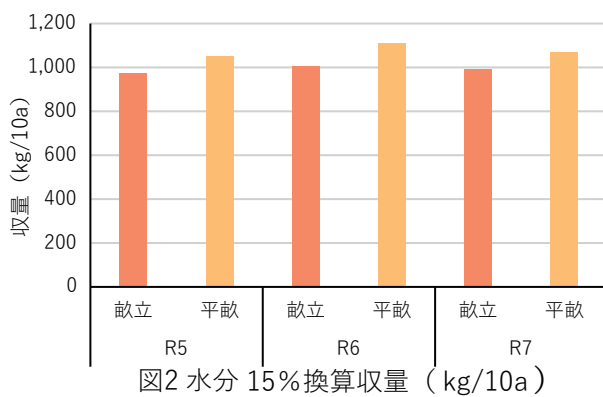


図2 水分15%換算収量 (kg/10a)

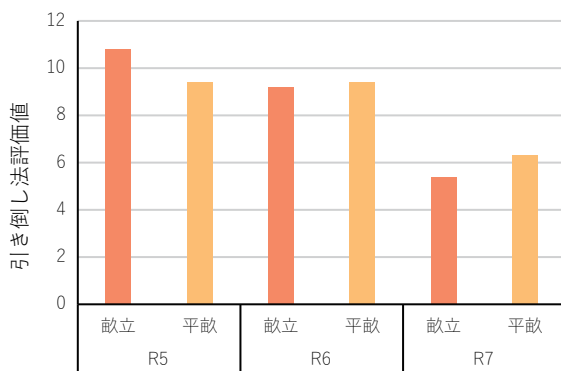


図3 引き倒し法評価値

注) 引き倒し法評価値は、値が小さいほど耐倒伏性が高いことを示す

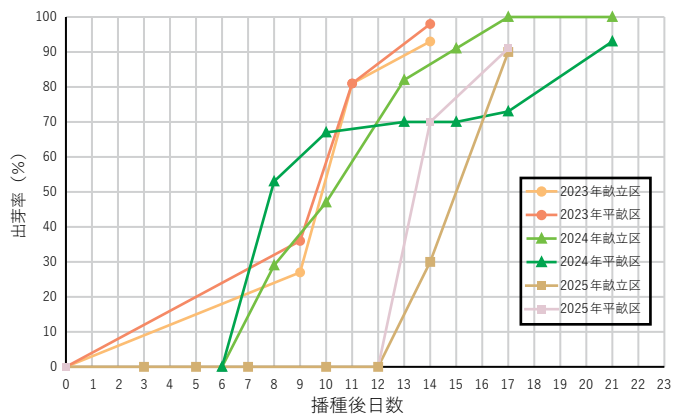


図1 出芽率の推移



図4 高速畝立播種機による畝立播種

栽培体系を活用した畑雑草への除草剤防除効果

宮城県古川農業試験場

対象者

○生産者（法人）

○普及機関

栽培体系を活用した雑草防除対策として、子実とうもろこし栽培期間に散布する除草剤について、大豆作の主要な畑雑草への効果を検証しました。子実とうもろこし栽培期間中に雑草発生を抑制することで、後作大豆の雑草発生の低減に効果があることを確認しました。

① 薬剤別・草種別の評価

調査した子実とうもろこしに登録のある除草剤（5剤）の中では、成分にアトラジンやニコスルフロンを含む剤が、大豆作付時に問題となる畑雑草（6種）への除草効果が高く、いずれの剤も対象草種の生育量が小さい時期の施用ほど効果が高くなりました。

表1 除草剤別・雑草草種別の評価

雑草種名 成分名／剤型	マメアサガオ	アメリカアサガオ	ホソアオゲイトウ	オオオナモミ	イチビ	シロザ
アトラジン・S-メトラクロール ／水和剤	蔓化前：◎～○ 蔓化後：△～○	蔓化前：◎～○ 蔓化後：○	発生初期：◎	発生初期：◎	生育初期：△、◎ 生育後期：△	◎
アトラジン ／水和剤	蔓化前後まで：◎～○ 蔓化後：×、△	蔓化前後まで：◎～○ 蔓化後：○	発生初期：◎	発生初期：◎	生育初期：◎、△ 生育後期：×	◎
ハロスルフロンメチル ／水和剤	△～×	△～×	△	発生初期：◎～○ それ以降：△	生育初期：◎～○ 着蕾後：×	×
ニコスルフロン ／乳剤	◎～○	◎～○	◎～○	◎～○	生育初期：◎～○ 着蕾後：△	○
トブラメゾン ／液剤	発生初期：◎、△ 蔓化後：△～○	発生初期：△、○ 蔓化後：×	◎	◎	発生初期：◎ 着蕾後：△	生育初期：◎～○ 着蕾時期：◎～△

判定効果

◎：枯死、または生育停止（着蕾なし）

○：萎凋、萎縮、生育停滞（着蕾なし）

△：生育量の減少、遅延、萎縮等（着蕾～開花あり）

×：変色、萎縮等の一次的な障害（着蕾～開花あり）

② 後作大豆圃場での実証結果

子実とうもろこし栽培時の茎葉処理剤散布が後作大豆栽培時の雑草抑制につながる事が明らかとなりました。子実とうもろこしの生産性向上だけでなく、後作大豆での雑草管理の負担軽減につながるため、茎葉処理剤散布は確実に行う必要があります。

表2 雑草発生量（本/m²）

前作 とうもろこし	茎葉処理あり				茎葉処理なし	
薬剤名	アトラジン・S-メトラクロール		トブラメゾン			
雑草種／調査日	7月8日	8月19日	7月8日	8月19日	7月8日	8月19日
シロザ・アカザ	3.1	1.0	3.1	0.67	17.6	1.3
タデ類	0.56	0.00	0.13	0.00	0.22	0.04
アメリカセンダングサ	0.03	0.00	0.06	0.04	0.00	0.00

播種精度に対するとうもろこし残渣のすき込み方法の影響

宮城県古川農業試験場

対象者

- 生産者（法人）
- 普及機関
- 研究機関

子実とうもろこしの収穫後残渣による次作への影響が懸念されることから残渣のすき込み方法に着目し、すき込み方法の違い（ボトムプラウとダウンカットロータリ）が次作の大豆に及ぼす影響を調査しました。その結果、播種精度にはすき込み方法の違いによる差はなく、その後の生育も良好であり、子実とうもろこしの収穫後残渣の影響はありませんでした。

① とうもろこし収穫後残渣のすき込みから大豆播種までの流れ

とうもろこし収穫後、フレールモアで刈り株の処理を行いました。その後、ボトムプラウまたはダウンカットロータリを用いて、フレールモアで裁断した残渣をすき込みました（図1）。

翌年、次作の大豆のためにチゼルプラウで耕起、パワーハローで整地して、大豆を播種しました（図2）。

② 大豆の播種精度

播種は播種深 3～4cm、播種間隔 10～20cm、播種粒数 2 粒 / 株で設定し、畝立と平畝の 2 つの播種様式で行いました。

ボトムプラウとダウンカットロータリによる残渣のすき込みは播種精度には大きく影響せず（表1、2）、概ね設定どおりの播種作業を行うことができました。苗立て率は 90%以上確保され、大豆の生育も良好でした。



図1 残渣のすき込み

左) ボトムプラウ 右) ダウンカットロータリ



図2 耕起整地

左) 耕起（チゼルプラウ） 右) 整地（パワーハロー）

表1 すき込み方法の違いによる畝立播種の播種精度

試験年	すき込み方法	播種深 (cm)	播種間隔 (cm)	播種粒数 (粒 / 株)
2024	ボトムプラウ (3 連)	3.7	11.3	1.9
	ダウンカット ロータリ	3.8	9.6	1.8
2025	ボトムプラウ (3 連)	2.9	22.7	1.9
	ダウンカット ロータリ	3.3	19.5	2.0

表2 すき込み方法の違いによる平畝播種の播種精度

試験年	すき込み方法	播種深 (cm)	播種間隔 (cm)	播種粒数 (粒 / 株)
2024	ボトムプラウ (3 連)	3.9	14.1	1.8
	ダウンカット ロータリ	3.3	13.5	1.9
2025	ボトムプラウ (3 連)	2.6	20.8	1.9
	ダウンカット ロータリ	3.3	20.0	2.0

注) 2024～2025 年に古川農業試験場内圃場で行った試験結果

注) 播種の設定は条間 75cm、株間 10～20cm、2 粒播き

立毛状態での子実中フモニシン濃度の推移

宮城県畜産試験場

対象者

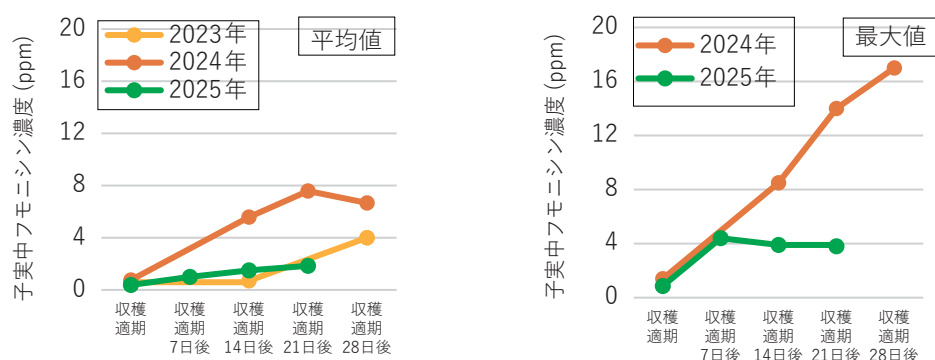
- 生産者（法人）
- 普及機関

収穫適期経過後は速やかに収穫することで、かび毒の一種であるフモニシン濃度上昇のリスクを抑えられます。

① 収穫適期経過後の立毛状態での子実中フモニシン濃度の推移

RM の異なる 2 品種で試験しましたが、品種によりフモニシン濃度の推移する傾向は異なるものの、立毛期間が長期化するほど高い値が出やすい傾向でした（図 1、2）

いずれの品種も収穫適期経過後は速やかに収穫することで、フモニシン濃度上昇のリスクを抑えられます。

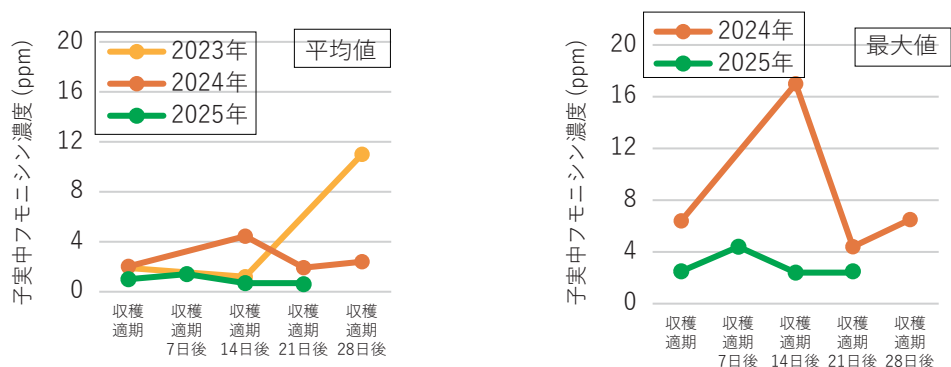


※6 反復平均、2023 年は反復なし

※播種日は、2023 年は 5/12、2024 年は 5/10、2025 年は 5/13

※収穫適期は、2023 年は 9/8、2024 年は 8/22、2025 年は、9/3 と判定

図 1 子実中フモニシン濃度 (RM93)



※6 反復平均、2023 年は反復なし

※播種日は、2023 年は 5/12、2024 年は 5/10、2025 年は 5/13

※収穫適期は、2023 年は 9/8、2024 年は 9/3、2025 年は 9/10 と判定

図 2 子実中フモニシン濃度 (RM108)

従来輪作体系への導入実証と経営評価

宮城県古川農業試験場、宮城県農業・園芸総合研究所

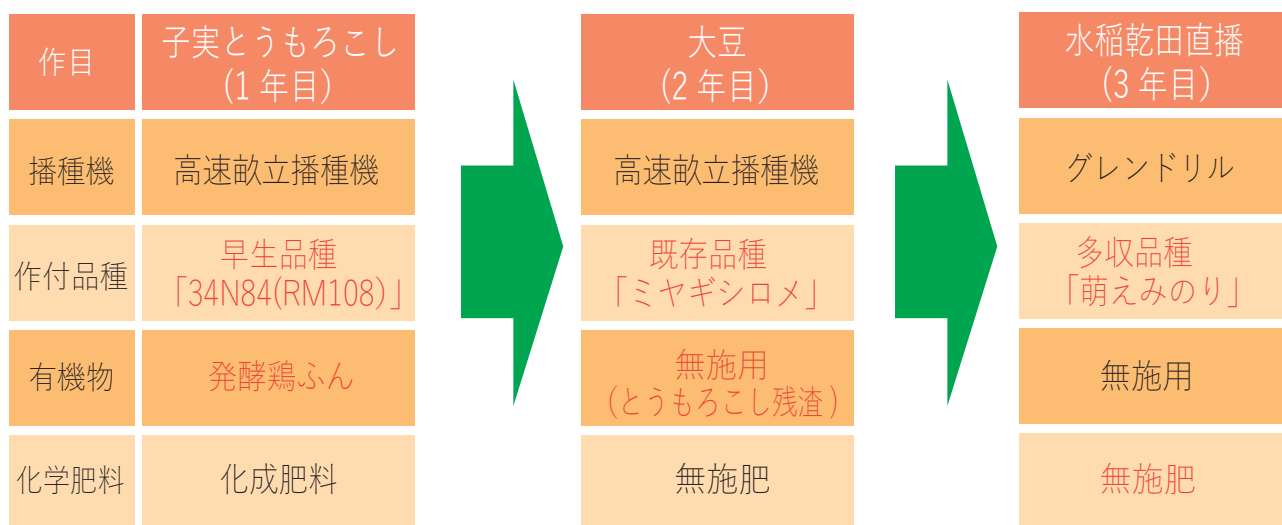
対象者

- 生産者（法人）
- 普及機関

大豆用の高速畝立播種機は子実とうもろこしの播種に汎用利用の適用性があることを確認しました。とうもろこし後作大豆への高速畝立播種機の適用性および「ミヤギシロメ」の無肥料栽培、さらに大豆後作乾田直播での「萌えみのり」の基肥無施肥栽培が有効であることを確認しました。

① 現地実証試験の概要

水稻－大豆輪作体系を実施している大規模経営体への子実とうもろこしの導入促進を目標として、既存の大豆用播種機や大豆品種の利用、さらには低投入型輪作体系（化学肥料使用量 30%低減）に向けた大豆および水稻乾田直播栽培について現地実証しました。



② 子実とうもろこし（1年目）

大豆用高速畝立播種機の利用では、真空播種機（対照区）と比較して出芽率や収量は同程度であり、適用性があることを確認しました。

子実とうもろこしは作業時間が短く、様々な営農品目との組み合わせが可能です。

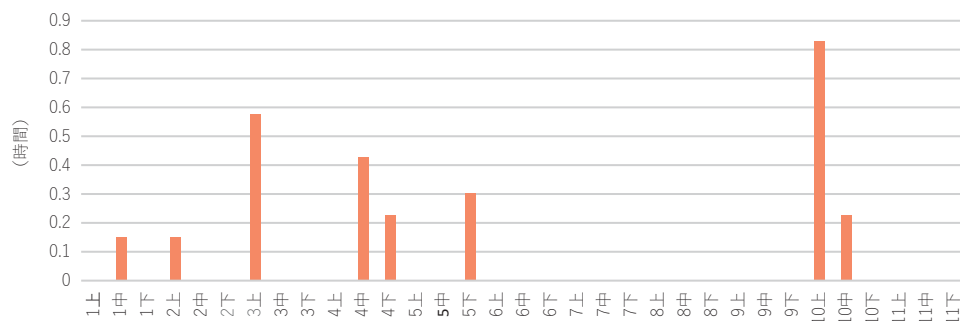


図2 子実とうもろこしの旬別労働時間 (10a 当たり)

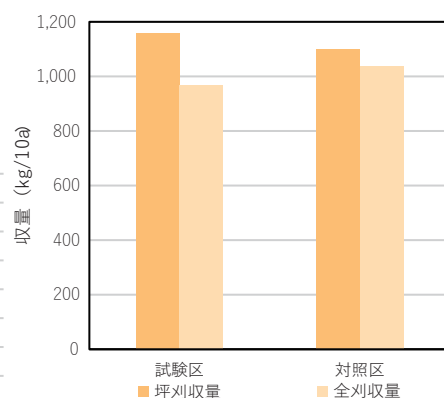


図1 子実とうもろこしの収量

表1 子実とうもろこしの播種精度と施肥量

区名	前作	播種方法	播種粒数 (粒/2m)	出芽率 (%)	施肥窒素量(kg/10a)		発酵鶏ふん
					基肥	追肥	
試験区	大豆	高速畝立播種機	11.5	91.3	14~15	4.6	600
対照区	大豆	真空播種機	11.7	91.4			

③ 大豆（2年目）

高速畝立播種機を用いて大豆を無肥料で作付けしたところ、大豆連作圃場と比較して有効莢数や百粒重が増加し、収量が高まることを確認しました。

後作大豆は、収量が多いため交付金も増加し、肥料費は削減されるため、時間当たりの利益は多くなります。

表3 大豆の経済性（10a当たり）

項目		試験区	対照区
収入	生産物	47,950	35,000
	交付金（面積払 数量払）	79,160	67,233
	合計①	127,110	102,233
支出（変動費）	肥料費	0	6,963
	その他	19,785	18,280
	合計②	19,785	25,243
限界利益（①-②）		107,325	76,991
労働時間		1.9	2.1

収入：単価175円/kg（産地別平均落札価格2019年～2023年平均）、出荷量274kg/10a（試験区）、200kg/10a（対照区）対照区は生産者聞き取りによる単収とし、収量調査結果から試験区は対照区の137%とした
労働時間：乾燥調製時間は含まれない

④ 水稻乾田直播（3年目）

乾田直播で「萌えみのり」を基肥無施用で作付けしたところ、地力窒素の発現で生育過剰となり倒伏が発生しましたが、基肥を入れた対照区と同程度の出荷数量を確保できました。

表4 水稻乾田直播の品種および施肥量

区名	前々作 前作	品種名	施肥窒素量(kg/10a)		倒伏軽減剤 使用回数
			基肥	追肥	
試験区	子実とうもろこし 大豆	萌えみのり	0.0	0.0	0
対照区	水稻湛水直播 水稻乾田直播	ササニシキ	6.8	1.4	0
参考区	子実とうもろこし 大豆	ササニシキ	0.0	0.0	2

注1)参考区の倒伏軽減剤使用は生育調査結果等を勘案して実施したもの

⑤ 3年3作体系経営モデル（10a 当たり収支）

水稻-大豆輪作体系への子実とうもろこしの導入により、2年目の大豆および3年目の乾田直播は無施肥とすることができ、肥料費を抑えることができました。

項目		1年目 子実とうもろこし	2年目 大豆	3年目 水稻（乾田直播）	3か年計
収入	生産物	34,812	47,510	151,470	233,792
	交付金	57,500	79,160	0	156,330
	合計①	92,312	126,670	151,470	370,452
支出（変動費）	種苗費	4,862	2,947	4,062	11,864
	肥料費	20,717	0	0	20,717
	農業薬剤費	6,125	7,888	16,334	30,347
	その他の経費	31,573	8,398	26,799	66,770
	合計②	63,276	19,226	47,195	129,697
限界利益（①-②）		29,036	107,444	104,275	240,754
労働時間		3.2	1.9	2.7	7.8

子実とうもろこし単価は36円/kg、大豆単価は173.4円/kg（日本特産農産物協会、「ミヤギシロメ」、2020～2024年平均落札価格）、米単価は255円/kg（「萌えみのり」の相対取引価格がないため、「ササニシキ」の2020～2024年相対取引平均価格及び生産者販売価格を参考とし設定）とした
収量は、現地実証試験区のデータを元に、子実とうもろこし967kg/10a、大豆274kg/10a、水稻594kg/10aとした
その他の経費には、水利費や施設利用料、賃借料等が含まれているが、支出（変動費）には、支払地代は含まれていない
子実とうもろこしの収穫機械一式（コンバイン、コーンヘッダ）は賃借、乾燥調製は委託（各品目の労働時間に乾燥調製時間は含まれない）によるものとした
肥料、農薬等の種類、単価等は標準的な種類、価格で計算しているため、現地実証試験結果の計算結果と合わない場合がある
本モデルでは、大豆、水稻作業は大規模経営であるため、効率的な労働時間となっている

表2 大豆の播種方法と施肥量

区名	前作	播種方法	施肥窒素量(kg/10a)	
			基肥	追肥
試験区	子実とうもろこし	高速畝立播種機	0.0	0.0
対照区	大豆	農家慣行播種機	4.2～5.6	0.9

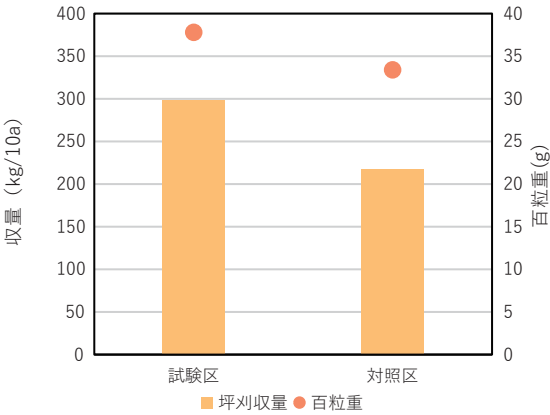


図3 大豆の収量と百粒量
試験区の収量増加は、百粒量の他、有効莢数の増加等による

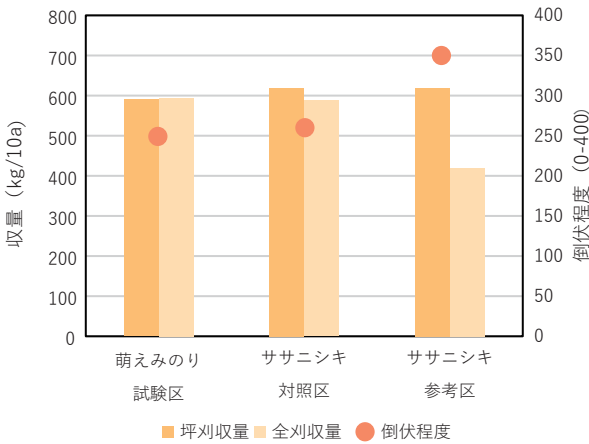


図4 乾田直播の収量と倒伏程度
坪刈収量は、1.9mm 調製、水分 15% 換算
全刈収量は、色彩選別等調製後の出荷数量

2-1 春播き子実とうもろこしを導入した3年6作体系

栽培技術

春播き子実とうもろこしの栽培技術

農研機構九州沖縄農業研究センター

対象者

- 生産者（法人）
- 研究機関・企業
- 普及機関
- 実需者

九州北部において子実とうもろこしを安定生産するには、病虫害や台風被害の少ない春播き栽培が適しています。冬作として麦類が栽培されているため、春播き子実とうもろこしを導入するには現行の輪作体系を見直す必要があります。

① 九州北部二毛作体系への春播き子実とうもろこし栽培を導入した新たな輪作体系（2つの栽培体系）

[体系1] 麦類の一部を休閑 → とうもろこし **極早生品種春播き** → **7月中旬同収穫** → 7月下旬～8月上旬大豆播種 → 11月中旬同収穫 → 11月下旬大麦播種

[体系2] 麦類の一部を休閑 → とうもろこし **早生品種春播き** → **8月中旬同収穫** → 11月小麦類播種

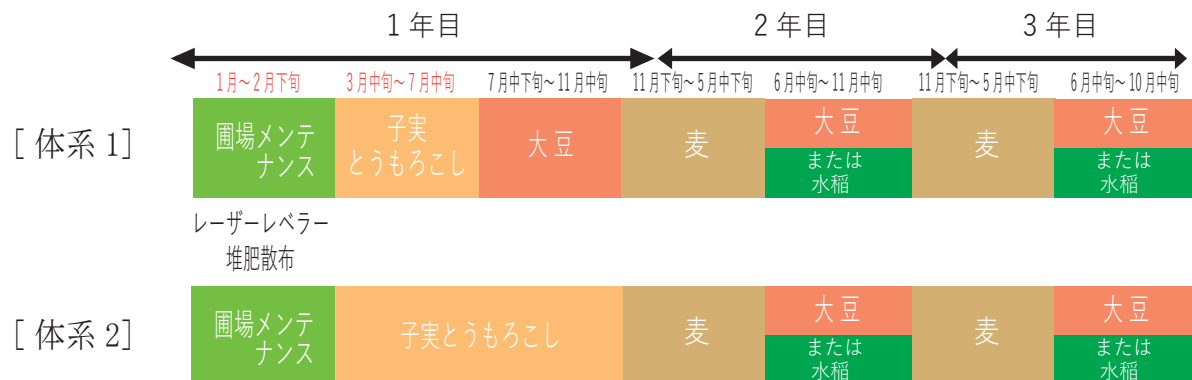


図 九州北部における春播き子実とうもろこしを導入した3年6作体系

② 提案する輪作体系に有望なとうもろこし品種（福岡県筑後市、場内圃場試験）

乾物収量 800kg 程度の品種

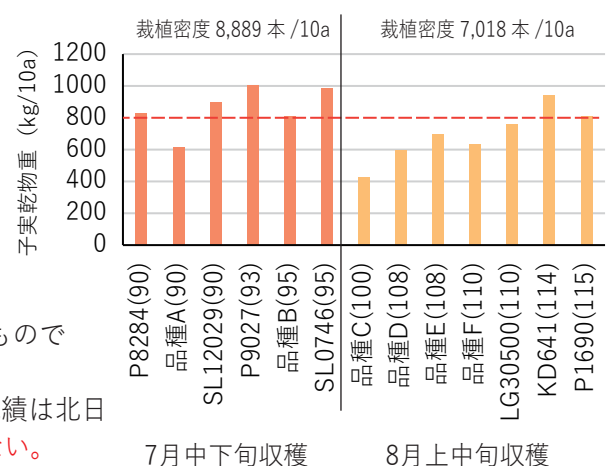
7月中下旬収穫（極早生品種）

P9027、P8284

SL12029、SL0746

8月上中旬収穫（早生品種）

LG30500、KD641、P1690



7月中下旬収穫 8月上中旬収穫

図 春播きに有望な品種

本図は、春播き栽培における栽植密度調整による乾物収量を示したものである。* 同 RM で収量の劣った品種 B の明記は控えた。

※暖地における試験栽培の結果であり、RM が小さい極早生品種の成績は北日本や高標高地といった寒地・寒冷地で栽培した場合の成績とは一致しない。

※子実とうもろこしの実用化にあたっては、収量性に加え、**害虫防除や適期収穫、乾燥調整を含むかび毒リスク低減対策が重要となる。**

③ 春播き子実とうもろこし栽培における経済的最適窒素量（福岡県筑後市、場内圃場試験）

経済的最適窒素量の考え方

子実販売価格（橙色曲線）と肥料費（黒直線）の差を収益とし、
収益（青曲線）が最大となる時の投入窒素量を算出しました。
下図は 2024 年の計算例です。

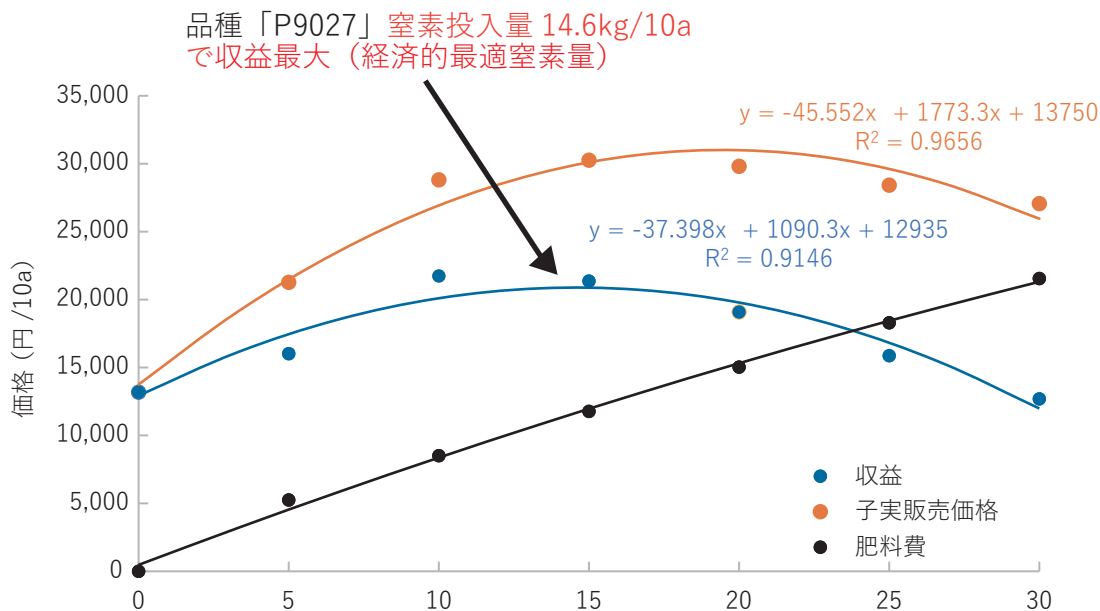


図 九州北部における春播き子実とうもろこしの経済的最適窒素量

化学肥料主体の施肥方法として高価な緩効性窒素を使った場合、
経済的最適窒素量の年次変動が大きく、窒素量が少ない段階で収益が
頭打ちになり、収量水準は 3 年平均で 779kg/10a でした。

一方、堆肥を活用した施肥方法として鶏ふん堆肥と尿素追肥を併用した場
合、経済的最適窒素量は 14 ～ 15kg/10a で 2 カ年の平均収量は 896kg/10a と
なりました。前者よりも後者の方が、収量が高位に安定し、施肥方法として
適することが明らかとなりました。

表 施肥方法の違いが経済的最適窒素量と収量におよぼす影響

施肥方法	年次	経済的最適窒素量 (kg/10a)	最大収益 (円/10a)	収量 (kg/10a)
硫安 + 緩効性窒素	2022	1.9	26,236	785
	2023	13.5	20,627	830
	2024	11.2	18,170	722
鶏ふん + 尿素追肥	2024	14.6	20,881	855
	2025	14.0	23,777	933

※土壌の肥沃度によっては施肥量が少なくても収量が一定量確保できる年があり、そのような年に高価な緩効性窒素を使うと、投入窒素量が少ない段階で頭打ちになることがある。

化学肥料の価格：購入時の価格を使用。鶏ふん堆肥価格：1 万円 /1 トンに設定。
子実とうもろこしの販売単価：35 円 /kg に設定。
品種「P9027」を 3 月中旬播種に栽植密度で 7,143 本 /10a 栽培。

子実とうもろこし後の小麦栽培など輪作技術

農研機構九州沖縄農業研究センター

対象者

- 生産者（法人）
- 普及機関
- 研究機関

北部九州の二毛作地帯を対象として、子実とうもろこし栽培を導入した新たな輪作体系における施肥体系を構築しました。この施肥体系はとうもろこし栽培時の施肥成分量を考慮しており、とうもろこし収穫後の冬作で栽培される麦類への施肥量を慣行比で30%以上低減可能です。

① 子実とうもろこし導入時の化学肥料の考え方

とうもろこし栽培では**堆肥を活用**し、化学肥料を組み合わせることで**バランスの良い施肥**を行うことで収量の最大化を目指します。
さらに、とうもろこし栽培の養分収支やすき込み残渣からの供給成分を考慮して、後作の施肥で**リン酸やカリの減肥**を行います。

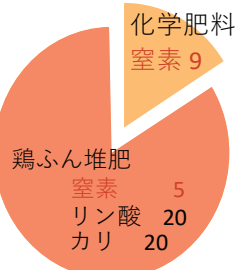
※減肥後は持続的な農業生産のために土壌診断の実施を推奨します。

1. 堆肥を活用した子実とうもろこし栽培

- ・施肥コスト低減のために**堆肥活用が重要**
- ・堆肥成分の肥効率は窒素<リン酸・カリ
→窒素だけを考えるとリン酸・カリが過剰
→堆肥と化成肥料でバランスの良い施肥

施肥量 (kg/10a)	(例)
N	14*
P ₂ O ₅	20
K ₂ O	20

*経済的最適窒素量に準拠
目標収量933kg/10a
(P27参照)



2. 麦類の減肥栽培

N

残渣からの供給は少ない。
肥沃度の高い圃場では減肥可。
タンパク値確保には適宜追肥。

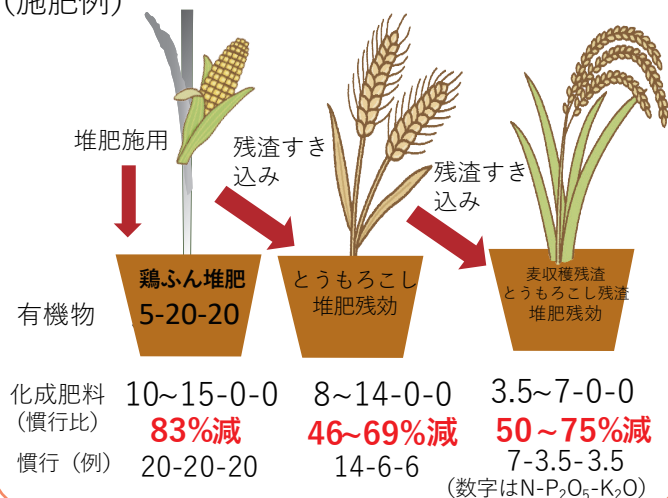
P

残渣からの供給は少ない。
肥沃度の高い圃場では減肥可。
肥沃度の低い圃場では慎重に。

K

残渣からの供給は大きい。
肥沃度の高い圃場では減肥可。
肥沃度の低い圃場では慎重に。

(施肥例)



3 -1. 水稻の減肥栽培

N

残渣からの供給はわずかにあり。
肥沃度の高い圃場では減肥を検討。

P

K

肥沃度の高い圃場では減肥可。
ただし栽培後は土壌診断推奨。

3 -2. 大豆の減肥栽培

N

P

K

減肥可

(本成果集には関連データ未収録)
ただし栽培後は土壌診断推奨。

図 春播き子実とうもろこしを導入した輪作の化学肥料減肥

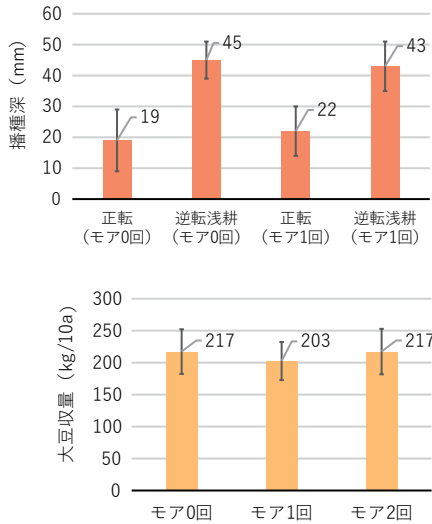
② 子実とうもろこし-(フレールモア)ー晩播大豆播種

慣行の(ダウンカット)ロータリーでは、フレールモアによる、とうもろこし残渣処理が1回必要ですが、ディスク式高速一工程播種では、子実とうもろこし収穫後のフレールモアなしでも播種深が安定(30mm以上)し、大豆収量120kg/10a以上を達成。



図 収穫直後のディスク式高速一工程播種では、フレールモア不要

(福岡県筑後市、場内圃場試験)

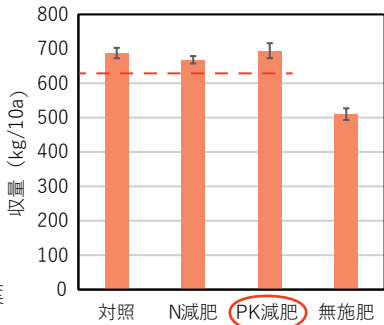


③ 子実とうもろこし-晩播大豆播種-大麦減肥栽培試験事例

表. 施肥設計(kg/10a)

処理区	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	合計	減肥率
対照	9	3	3	15	(対照比)
N減肥	5	3	3	11	27%
PK減肥	9	0	0	9	40%
無施肥	0	0	0	0	100%

鶏ふん堆肥と尿素によりN:P₂O₅:K₂O=20:23.6:15.8(kg/10a)を施肥した、とうもろこし栽培後の圃場での試験。トウモロコシ子実は持ち出し、茎葉残渣は全てすき込んだ条件。



PK減肥区では慣行区と比較して40%減肥しても同等の収量が確保可能です。

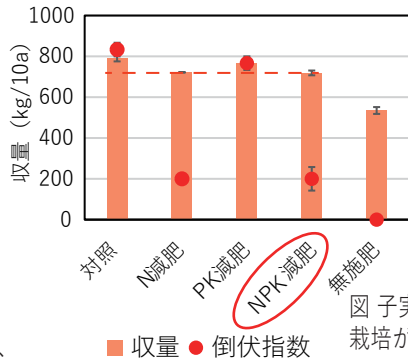
図 子実とうもろこし直後の大豆播種深さおよび収量

④ 子実とうもろこし-小麦減肥栽培試験事例

表. 施肥設計(kg/10a)

処理区	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	合計	減肥率
対照	16	3	5	24	(対照比)
N減肥	9	3	5	17	29%
PK減肥	16	0	0	16	33%
NPK減肥	9	0	0	0	63%
無施肥	0	0	0	0	100%

鶏ふん堆肥と尿素によりN:P₂O₅:K₂O=20:23.6:15.8(kg/10a)を施肥した、とうもろこし栽培後の圃場での試験。トウモロコシ子実は持ち出し、茎葉残渣は全てすき込んだ条件。



NPK減肥区では慣行区と比較して1割程度収量は少ないですが、減肥率を63%まで高めることが可能で倒伏の発生も抑制可能です。

図 子実とうもろこし後シロガネコムギの減肥栽培が収量および倒伏指数に及ぼす影響

⑤ 子実とうもろこし-小麦-水稻減肥栽培試験事例

表. シロガネコムギ施肥設計(kg/10a)

処理区	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	合計	減肥率
対照	14	6	6	26	(対照比)
減肥	14	0	0	14	46%
無施肥	0	0	0	0	100%

化学肥料(N:P₂O₅:K₂O=20:20:20)で栽培したとうもろこし後の圃場での試験。子実は持ち出し、茎葉残渣は全てすき込んだ条件。

表. ヒノヒカリ施肥設計(kg/10a)

処理区	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	合計	減肥率
対照	7	3.5	3.5	14	(対照比)
減肥	3.5	0	0	3.5	75%
無施肥	0	0	0	0	100%

シロガネコムギ減肥栽培試験の収穫後に、麦わらをすき込んだ圃場での試験。水稻の処理区は小麦の対照、減肥、無施肥と同じ位置にしたため、2作連続で肥料成分が少ない条件。

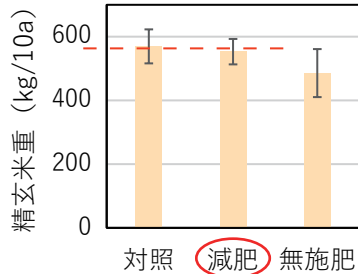
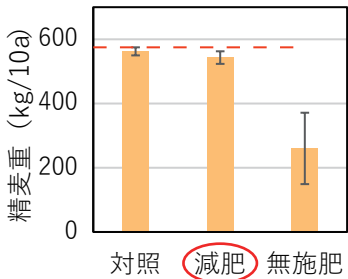


図 シロガネコムギとヒノヒカリの減肥栽培試験結果

とうもろこし後作の小麦で46%減肥しても同等の収量です。

さらに小麦減肥栽培後の水稻で75%減肥しても同等の収量です。

春播き子実とうもろこしを導入した輪作体系の収量性

農研機構九州沖縄農業研究センター

対象者

- 生産者（法人）
- 研究機関
- 普及機関

西南暖地の輪作体系では春播き子実とうもろこしの栽培事例が少なく、現地実証試験を実施して収量水準を明らかにしました。播種後の大雨により湿害が懸念される圃場に対しては、播種能率を向上しながら湿害を回避する技術としてディスク式高速一工程播種を導入しました。

①

春播きとうもろこし栽培の現地実証試験（佐賀県神崎市）

水田輪作圃場における現地実証を行いました。3月中旬播種～7月下旬収穫の間に大雨による冠水などが予想されることから、ディスク式高速一工程播種（3畝盛り）による高畝栽培を実施しました。

また、冬作の麦作を休閑して、均平作業（レベラー）と堆肥散布を行い、4-5葉期の追肥や子実品質向上のための虫害防除も実施しています。

1) 実証圃場面積：44a

堆肥：鶏ふん堆肥（バラ）

施肥：基肥：化成肥料無し、追肥：尿素

播種日：3月10日

品種：P9027(RM93)

栽植密度：条間75cm、株間20cm

播種方法：ディスク式高速一工程播種法による平高畝3条播き



ディスク式高速一工程播種法は
こちらを参照してください

表 圃場準備から播種、収穫までの作業および防除履歴

1月中下旬	圃場準備	耕うん、均平作業（レーザーレベラー）1回目
2月12-13日		鶏糞堆肥散布（マニュアルスプレッダー）
2月中旬		耕うん、均平作業（レーザーレベラー）2回目
3月10日	播種	レベラー後不耕起条件で ディスク式高速一工程播種（3畝立て） 目皿式播種機、品種・密度は上述の通り
	防除	除草剤（ゲザノンゴールド）散布（乗用管理機）
5月7日 （4～5葉期）	追肥	尿素（窒素成分で7kg/10a）（動力散布機）
	防除	除草剤（アルファード） 殺虫剤（トレボン、プレバソンフロアブル5） （乗用管理機）
6月6日	防除	プレバソンフロアブル5（ドローン）
6月20日	防除	プレバソンフロアブル5（ドローン）
7月24日	収穫	ヤンマーYH1150 コーンヘッダー

2) 圃場の経過と収穫結果

ディスク式高速一工程播種法は湿害対策として大型サイドディスクで排水溝を形成、爪配列を変えて畝立て同時播種も可能。



生育初期 (5月12日)



生育後期 (6月28日)

図 佐賀県現地 生育状況



図 佐賀県現地播種 (3月10日) 爪配列を変更し、3畝立て仕様で播種

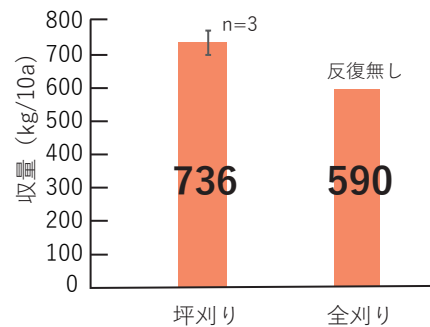


図 坪刈り収量、全刈り収量と子実外観

(2) 春播きとうもろこし栽培の現地実証試験 (熊本県阿蘇市)

年間約3,000mmの降水量となる阿蘇地域の水田圃場における現地実証を行いました。4月下旬播種～9月中旬収穫の間に大雨による冠水が予想され、ディスク式高速一工程播種(3畝盛り)による高畝栽培を実施しました。

播種は、均平作業(レベラー)後に実施し、対照区としての慣行の真空播種機による隣接圃場を設定、収量は試験区(ディスク式)が高い結果となりました。

- 1) 実証圃場面積:80a (対照圃場面積:60a)
- 堆肥 : 豚ふん堆肥2トン
- 播種日 : 4月21日
- 品種 : P1204 (RM110)
- 栽植密度: 条間75cm×株間20cm (6,667本/10a)
- 播種法 : ディスク式高速一工程播種(3畝盛り)



対照: 真空播種機



ディスク式(3畝立て仕様)

図 2025年5月17日68mmの降雨時に撮影 (畝立てが有効)

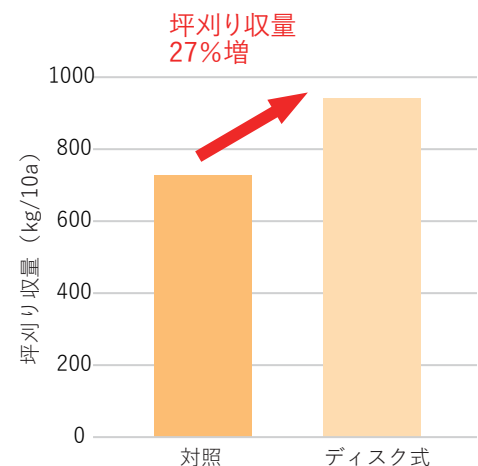


図 収量比較(9月15日)
ディスク式畝立て播種を子実とうもろこしに適応。畝立てにより豪雨時に水没を免れ、対照区より27%の増収効果を確認。

子実とうもろこしを導入した3年6作体系の経営評価

農研機構九州沖縄農業研究センター

対象者

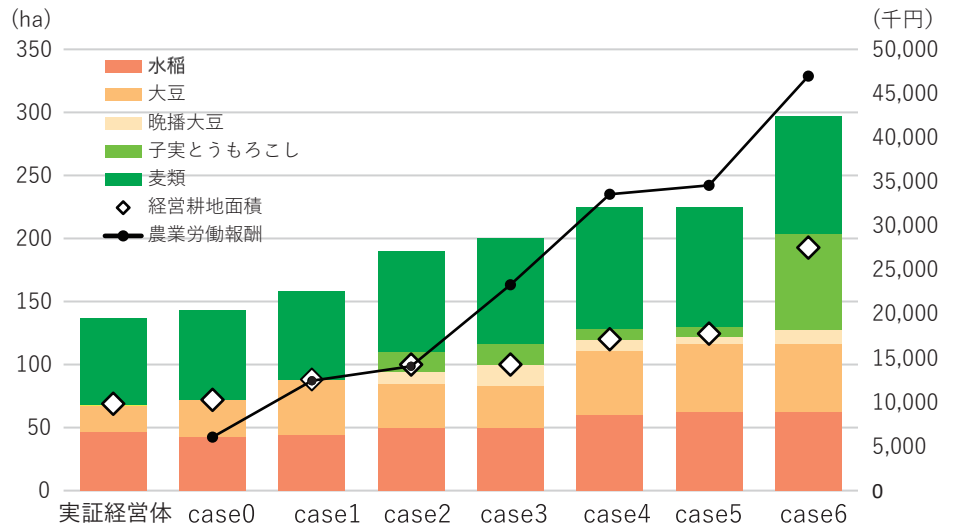
- 生産者（法人）
- 普及機関

九州北部二毛作地帯における水田経営規模70ha・オペレータ4名の経営体をベースに営農モデルを策定し、子実とうもろこしを活用した経営展開について実証結果を基にシミュレーション分析を行いました。その結果、所得向上と100ha以上へ規模拡大できる試算結果が得られました。

① 試算結果

子実とうもろこし栽培とディスク式高速一工程播種を導入することで、導入前と比較して経営面積は最大で2.2倍・農業労働報酬は同3.7倍になります。

（※ case1 と 6 を比較）



試算条件	経営耕地面積上限	72ha	100ha	100ha	100ha	-	-	-
	冬作比率下限	80%	80%	80%	83%	80%	-	-
	転作率	40%	50%	50%	50%	50%	50%	-
	子実とうもろこし	-	-	○	-	○	○	○
	子実とうもろこし / 晩播大豆	-	-	○	16.7%	○	○	○
	ディスク式高速一工程播種	-	-	-	○	○	○	○

図 現地へ子実とうもろこしを導入したモデルシミュレーションの結果

- case0: 実証経営体に近い規模で試算しました。オペレータ4名の農業労働報酬が約600万円に留まるのは、以前のプロジェクトにて無償で導入した機材についても減価償却費相当額を費用計上した、修繕費を高めに見積もった、臨時雇2名も農業労働報酬の対象とした等の理由によります。
- case1: 現行の作業体系による規模限界について試算したところ、大豆収穫と麦播種準備との作業競合により88.1haに留まりました。
- case2: 子実とうもろこし・晩播大豆の導入を認めて試算したところ、経営耕地面積は上限の100haに達し、農業労働報酬はcase1より13%増加しました。
- case3: さらにディスク式高速一工程播種技術の利用を認めて試算したところ、大豆と麦との作業競合が緩和され、土地利用200%・100ha経営が成立、農業報酬はcase1の87%増となりました。
- case4: 経営耕地面積について上限を設定せずに試算したところ、120.1haまで拡大し、農業労働報酬はcase1の170%増となりました。
- case5: さらに冬作比率の下限を設定せずに試算したところ、経営耕地面積は124.5haまで拡大しました。
- case6: さらに転作率を設定せずに試算したところ、経営耕地面積は192.8haまで拡大、子実とうもろこしの作付面積は76.3haに達しました。

② 試算条件（単収水準・作目別収支）

表 現地へ子実とうもろこしを導入したモデルシミュレーションの試算条件

		水稻		大豆		子実とうもろこし	とうもろこし/晩播大豆			小麦		大麦	
		ヒノヒカリ	ヒヨクモチ	フクユタカ	一工程		小計	子実とうもろこし	晩播大豆	チクゴイヅミ	とうもろこし後	はるか二条	とうもろこし後
単収水準	kg/10a	390	450	150	180	700	-	700	120	360	360	300	300
作目別収支	円/10a	15,843	37,530	53,801	63,016	15,788	34,557	-6,333	41,842	35,820	40,694	33,787	38,661
収入	円/10a	66,300	90,000	90,075	99,890	69,500	114,760	34,500	80,260	65,380	65,380	62,860	62,860
販売単価	円/kg	170	200	170	170	35		35	170	30	30	30	30
面積助成	円/10a			41,000	41,000	45,000		10,000	41,000	19,000	19,000	19,000	19,000
数量助成	円/kg			157	157				157	99	99	116	116
支出	円/10a	50,457	52,470	36,274	36,874	53,712	80,203	40,833	38,418	29,560	24,686	29,073	24,199
種苗費	円/10a	1,788	1,169	4,948	4,948	4,286	11,708	4,286	7,422	2,464	2,464	2,644	2,644
肥料費	円/10a	7,149	8,375	339	339	2,500	2,839	2,500	339	9,966	5,092	9,306	4,432
農業薬剤費	円/10a	11,994	12,200	9,594	9,594	6,093	16,909	6,093	9,864	3,576	3,576	4,769	4,769
光熱動力費	円/10a	2,296	2,296	1,698	1,698	1,698	3,396	1,698	1,698	1,896	1,896	1,896	1,896
諸材料費	円/10a	936	936	0	0	0	0	0	0	643	643	643	643
土地改良及び水利費	円/10a	1,800	1,800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
賃料料金 乾燥調製	円/10a	7,800	9,000	3,000	3,600	26,256	28,656	26,256	2,400	7,200	7,200	6,000	6,000
その他	円/10a	1,926	1,926	1,926	1,926	0	1,926	0	1,926	1,926	1,926	1,926	1,926
物件税及び公課諸負担	円/10a	1,889	1,889	1,889	1,889	0	1,889	0	1,889	1,889	1,889	1,889	1,889
小作料	円/10a	12,879	12,879	12,879	12,879	12,879	12,879	0	12,879	0	0	0	0

注1) 乾燥調製料金について稲麦大豆はすべて20円/kgと設定、子実とうもろこしは実証経営体の実績値を引用した。

注2) 生産管理費、支払利子は0円とみなした。償却資産は営農モデルの最適解に応じて変化するため減価償却費・修繕費は本表に含めていない。

注3) 営農モデルの最適値を農業労働報酬としたため自家労働費は整理せず、雇用労働費は実証経営体の実績値を固定費として別途計上した。実証経営体のオペレータ4名は社員2名、臨時雇2名で構成されるが、本モデルでは4名とも自家労働力とみなし、補助作業者を雇用労働力として扱った。

注4) 2025年産米の概算金はヒノヒカリ28,500円/60kg、ヒヨクモチ32,000円/60kgと数年前に比べて大幅に高騰しているが、所得目標はプロジェクト開始時点の情勢を踏まえて設定されたこと、近年は米価の変動が大きくモデルへ適用すべき妥当な数値が判然としないこと等から、水稻の販売単価は当初設定した値を変更せずに用いている。

注5) 子実とうもろこし/晩播大豆の作目別収支において子実とうもろこしが負の値をとるのは、面積助成のうち水田活用の直接支払交付金（戦略作物助成）35,000円/10a分を（晩播）大豆へ振り向けて計算したことによる。同交付金を子実とうもろこしに組み入れた場合、子実とうもろこし・晩播大豆とも作目別収支は正となる。なお、夏作として子実とうもろこしのみを栽培すれば、作目別収支は表に示したとおり15,788円/10aとなる。

本プロジェクトでは子実とうもろこしが 800kg/10a を達成した成果や子実とうもろこし後の小麦が慣行体系より約 30%/10a 増収した成果なども得られましたが、技術の普及拡大にともなう栽培リスクの増加等を考慮し、子実とうもろこしは 700kg/10a、子実とうもろこし後の増収効果はゼロとみなして試算しました。

③ 本モデルの留意事項

1) 堆肥を十分確保できること

子実とうもろこしや後作麦の肥料費低減に、堆肥の利用は大きな役割を果たします。

2) 近隣住民の理解が得られること

堆肥の臭気や子実とうもろこしに群がる虫などに対し、クレームを受けやすいとの報告を現地から受けています。

3) 鳥獣害リスクの低い圃場が確保されること

子実とうもろこしを山あい栽培すると鳥獣害による被害を受けやすいとの報告を現地から受けています。

4) 収穫・乾燥調製作業を外部へ委託できること

本モデルは、経営体が希望した時期に、次の作業が控えている場合はそれ以上の作業能率で収穫を委託できるという前提で試算しています。

5) 収穫した子実とうもろこしの保管場所が確保されること

鳥獣害による被害を受けにくい、収穫物の品質が保たれる保管場所を用意する必要があります。

栽培技術

夏播き子実とうもろこしを導入した麦、大豆輪作体系

福岡県農林業総合試験場

対象者

- 生産者（個人・法人）
- 普及機関
- 実需者

九州北部の二毛作地帯では、子実とうもろこしを導入する際には夏播きの作型を導入することで、夏作1作のみを子実とうもろこしに変更し、冬作は通常通り麦の作付けが可能となります。

① 九州北部二毛作体系への夏播き子実とうもろこし栽培を導入した輪作体系

二毛作体系において冬作に麦を作付けすることを前提に、子実とうもろこしを導入するためには、以下のように水稻を夏播き子実とうもろこしに変更する体系が考えられます。

体系		1年目						2年目						3年目					
	11	1	3	5	7	9	11	1	3	5	7	9	11	1	3	5	7	9	11
(慣行) 水稻・大豆		麦		水稻				麦		大豆				麦		水稻			
子実とうもろこし 導入		麦		とうもろこし				麦		大豆				麦		水稻			



夏作に子実とうもろこしを栽培



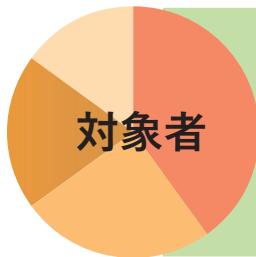
冬作に小麦を栽培



翌年夏作に大豆を栽培

夏播き子実とうもろこしの堆肥活用技術

福岡県農林業総合試験場



対象者

- 生産者（個人・法人）
- 普及機関
- 実需者

夏播き子実とうもろこし栽培において、牛ふん堆肥 (5t/10a) または乾燥鶏ふん (1t/10a) を施用した場合に、化学肥料の窒素 30%、リン酸、カリを 100%減肥しても、化学肥料を 100%施用した場合と同等か同等以上の収量を確保できることを明らかにしました。

① 子実とうもろこしの堆肥代替による施肥法と収量

化学肥料 30%減肥の子実とうもろこし栽培では、標肥と比較して 1 株当たりの子実収量が 30%低下しました。一方、化学肥料の代替として牛ふん堆肥または乾燥鶏ふんを施用し、化学肥料を 72%減肥（窒素を 30%、リン酸、カリを 100%減肥）した栽培では、子実の 1 株当たり収量は慣行栽培と同等か同等以上となりました（表 1）。

表 1 試験区と化学肥料施用量（2024 年度）

試験区	化学肥料施用量 (N:P ₂ O ₅ :K ₂ O)	化学肥料 減肥率	発芽率 %	1株当たり収量 g		面積当たり収量 kg/10a	
				子実	茎葉	子実	茎葉
N30%、PK100%減							
牛ふん堆肥 5 t	12.6 : 0 : 0	72%	80	157(106)	110(124)	896(90)	628(106)
牛ふん堆肥 10 t	12.6 : 0 : 0	72%	59※	159(107)	112(126)	671(68)	471(79)
乾燥鶏ふん 500kg	12.6 : 0 : 0	72%	91	141(99)	88(95)	914(92)	566(95)
乾燥鶏ふん 1t	12.6 : 0 : 0	72%	94	154(104)	90(92)	1038(105)	605(102)
有機物なし							
化学肥料30%減	12.6 : 6.3 : 12.6	30%	83	102(71)	63(69)	679(68)	416(68)
化学肥料標準(慣行栽培)	18 : 9 : 18	—	94	148(100)	89(100)	992(100)	593(100)

注 1) 供試品種：34N84、堆肥施用および播種：2024年7月19日、収穫：2024年11月6日

追肥：2024年8月5日、播種量：7,143 本 /10a(条間：70cm、株間 20cm)

2) 収量のうち子実水分 15% 換算、茎葉は乾物

3) 面積当たり収量は発芽率×1本当たり収量×播種密度で算出

4) () は化学肥料標準に対する比

※ 留意点：牛ふん堆肥 10t 施用区では、播種後 1 カ月以上降雨が無かったため、出芽苗立ちが悪かった。



化学肥料標準区



牛ふん堆肥 5t 区

麦作に影響を及ぼさないすき込み及び前処理方法と施肥法

福岡県農林業総合試験場



夏播き子実とうもろこしを収穫後、その茎葉残渣が麦作に影響を与える可能性があります。そこで子実とうもろこしの茎葉のすき込み方法を検討した結果、収穫時及び播種時の2回すき込みが良く、モア細断の必要がないことが分かりました。また、茎葉をすき込むことによる窒素の取り込みが想定されるため、窒素を増肥することで収量が夏季休耕区と同等となることが分かりました。

① すき込み回数の検討

子実とうもろこしを収穫後、麦播種前に1回～3回のすき込み回数の試験を行いました。その結果、収穫時に1回、播種時に1回の計2回のすき込みにおいて高い収量を示すことが分かりました（表1）。

表1 子実とうもろこし茎葉のすき込み方法が麦の栽培に及ぼす影響

すき込み および回数	出芽本数 本/㎡	100日後生育状況		穂数 本/㎡	収量 kg/10a
		茎数 本/㎡	草丈 cm		
収穫時1回 播種時1回	183 (100)	805 (100)	46 (100)	504 (100)	527 (100)
播種時1回	157 (86)	751 (93)	45 (98)	544 (108)	501 (95)
播種時2回	187 (102)	779 (97)	45 (98)	546 (108)	518 (98)
播種時3回	178 (97)	739 (92)	46 (100)	549 (109)	485 (92)

注1) 供試品種：シロガネコムギ、播種：2023年11月28日、収穫2024年5月24日、窒素施肥量：6+6+2kg

2) 播種時1回は播種前の耕起作業によるすき込みであり、トラクターの正転ロータリーを使用
播種時2回、3回はそれぞれ、播種前の耕起作業を2回、3回行ったもの

3) ()は収穫時1回、播種時1回区に対する比

② モアの有無と窒素増肥の検討

子実とうもろこしを収穫後、麦播種前にとうもろこし茎葉残渣のモアによる細断の有無の検討、ならびにすき込み直後の茎葉分解による窒素の取り込みを考慮し、基肥窒素の増肥の検討を行いました。その結果、出芽本数は夏季休耕区より少なくなるものの、その後の生育及び収量には差は見られませんでした。モアの有無による生育および収量差は見られず、収量は窒素の増肥によりやや増加する傾向がみられました（表2）。

表2 子実とうもろこし茎葉のすき込み前の処理及び増肥が麦の栽培に及ぼす影響

試験区	出芽本数 本/㎡	100日後生育		稈長 cm	穂数 本/㎡	収量 kg/10a	千粒重 g	タンパク 含量 %
		茎数 本/㎡	草丈 cm					
モア有りN5kg	141 (89)	863 (117)	23 (96)	76 (99)	421 (97)	482 (96)	37.6 (98)	9.7 (98)
モア有りN6kg	143 (91)	805 (109)	23 (96)	76 (99)	412 (95)	493 (98)	38.2 (99)	9.9 (100)
モア無しN5kg	141 (89)	751 (102)	24 (100)	76 (99)	400 (92)	487 (97)	37.9 (98)	9.7 (98)
モア無しN6kg	150 (95)	779 (105)	24 (100)	76 (99)	409 (94)	512 (102)	38.8 (101)	10.0 (101)
夏季休耕区	158 (100)	739 (100)	24 (100)	77 (100)	434 (100)	503 (100)	38.5 (100)	9.9 (100)

注 1) 供試品種：シロガネコムギ、播種：2024 年 12 月 4 日、収穫 2025 年 5 月 30 日、
窒素施肥量：5+6+2kg(N5kg 区)、6+6+2kg(N6kg 区)
2) モア処理は播種の 10 日前に行った
3) () は夏季休耕区に対する比

2 すき込んだ茎葉の分解程度

小麦栽培中(12月・2月・6月)に、作土(15cm)を採取し風乾後、目ひらき1cmで篩別し、
篩上の茎葉を長さで仕分けて重量を測定して、とうもろこし茎葉残渣の分解程度を検討しまし
た。いずれの試験区でも経時的に分解が進み、6月には大きな茎葉はほとんどなくなりました。
このことから、翌年の夏作に対するとうもろこしの茎葉残渣による物理的な影響は小さ
いと考えられます。

(1) 2023 年～2024 年

(2) 2024 年～2025 年

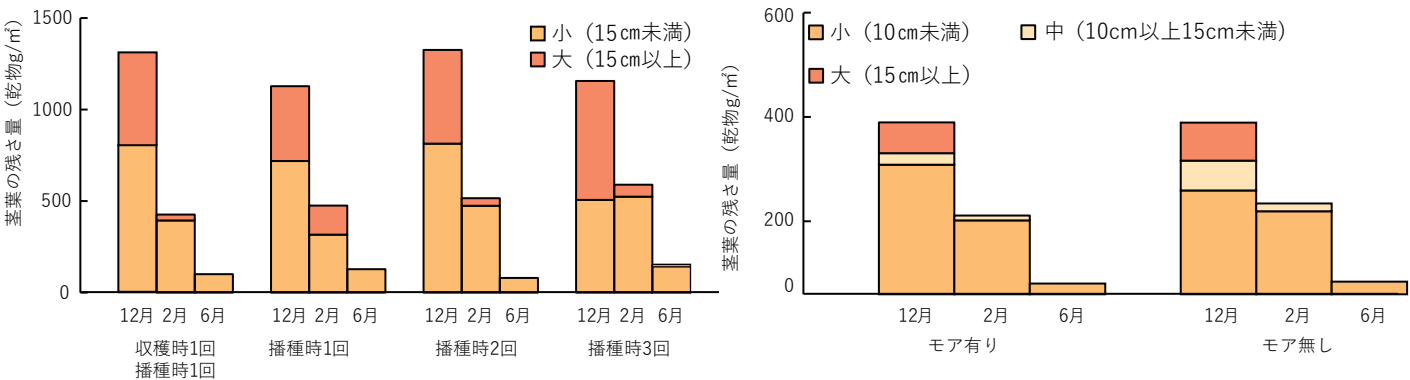
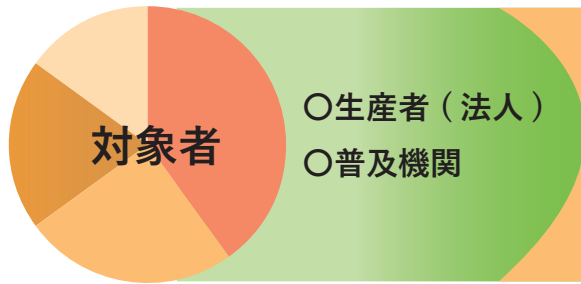


図1 すき込み回数やモア細断の有無が子実とうもろこし茎葉の分解に及ぼす影響

すき込んだ茎葉の肥料成分溶出パターン

福岡県農林業総合試験場



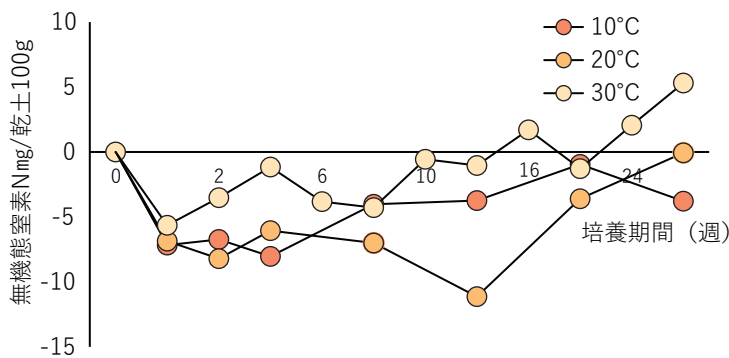
すき込んだ子実とうもろこしの茎葉からの肥料成分の溶出を検証しました。培養試験の結果では、交換性カリの溶出が見られました。圃場での経時的な土壌化学性の変化からも交換性カリの増加が見られたことから、次作のカリ減肥が可能と考えられました。一方、窒素については、培養試験において20週目までどの温度帯でも窒素の取り込みが見られたことから、茎葉すき込み直後に次作を栽培する場合には窒素増肥が必要と考えられます。

① 培養試験による肥料成分溶出パターン

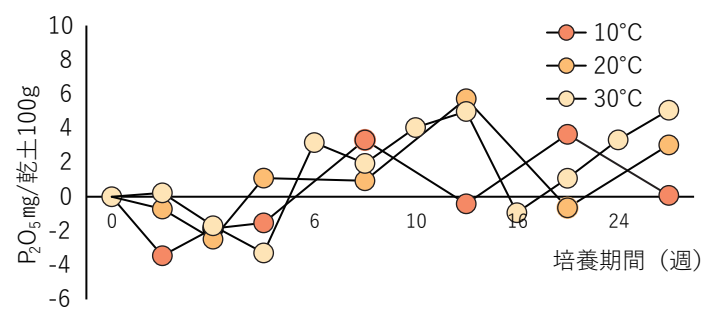
子実とうもろこしの茎葉からの肥料成分の溶出パターンを検証するために、ノイパウエルポットに風乾土200g/ポットの土壌と1cmに細断した茎葉を4g入れ、窒素の有機化を見込んで硫酸アンモニウム水溶液(N:20/土壌100g)を添加し、10℃、20℃、30℃で培養しました。

その結果、交換性カリは培養直後から土壌への溶出が見られました。無機態窒素は、培養期間中は30℃区以外、窒素の取り込みが見られ、30℃区では24週以降で増加に転じていく傾向が見られました。

(1) 無機態窒素



(2) 可給態リン酸



(3) 交換性カリ

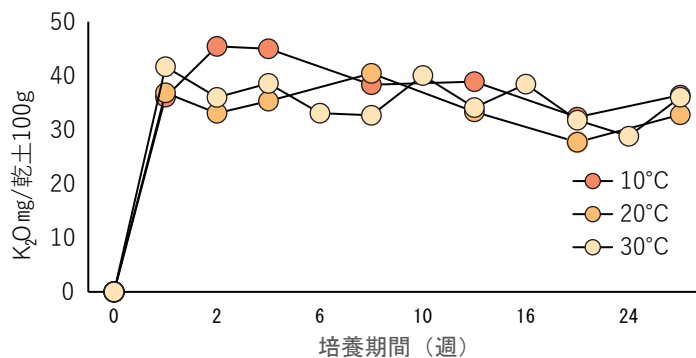


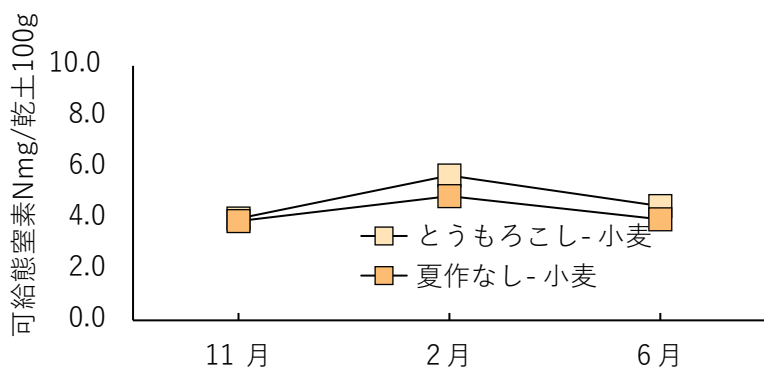
図1 培養試験における子実とうもろこし茎葉からの肥料成分の溶出パターン

②

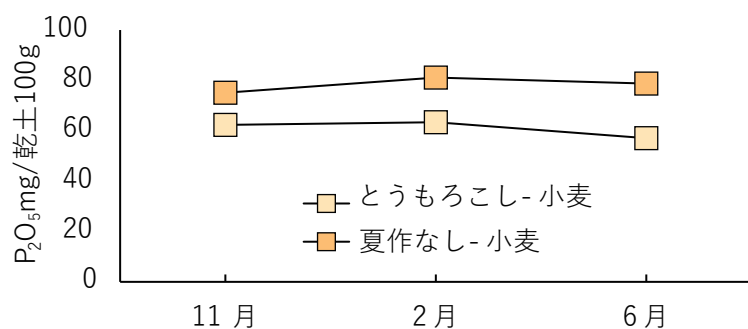
すき込み圃場における土壌化学性の推移

茎葉をすき込んだ圃場から土壌を採取し、肥料成分の推移を調査しました。培養試験の結果同様、圃場においても交換性カリの増加が見られました。このことから、次作のカリの減肥が可能と考えられます。

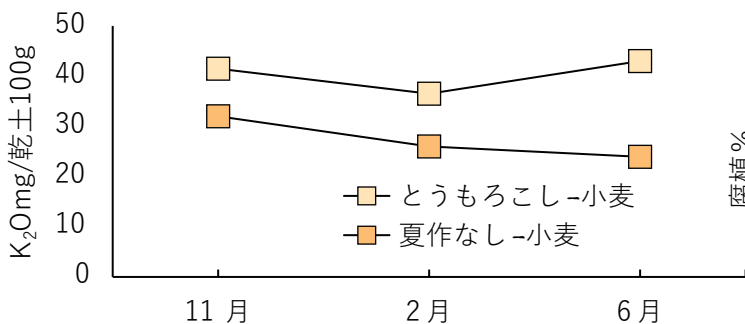
(1) 可給態窒素



(2) 可給態リン酸



(3) 交換性カリ



(4) 腐植

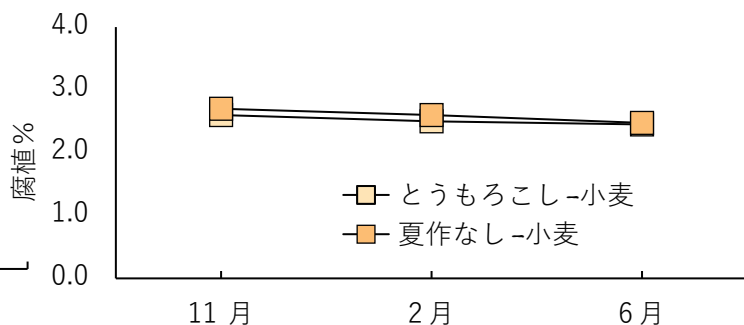


図2 子実とうもろこし茎葉のすき込み圃場における土壌化学性の推移
(2025～2026年度)

夏播き子実とうもろこし後の麦、大豆連作体系の検証と経営評価

福岡県農林業総合試験場

対象者

- 生産者（個人・法人）
- 普及機関

堆肥を施用した子実とうもろこし栽培後に麦、大豆を栽培した場合、麦、大豆を連作した場合と比較して、麦、大豆の収量が増加することが分かりました。堆肥施用による化学肥料コストの削減等により収益が向上することが試算されました。

① とうもろこし後の大豆収量（2025 年場内試験）

場内で子実とうもろこし後に麦を栽培し、その後大豆を栽培した場合、麦・大豆を連作した場合と比較して 21%～37%の収量の増加が見られました（図 1）。

大豆収量（kg/10a）

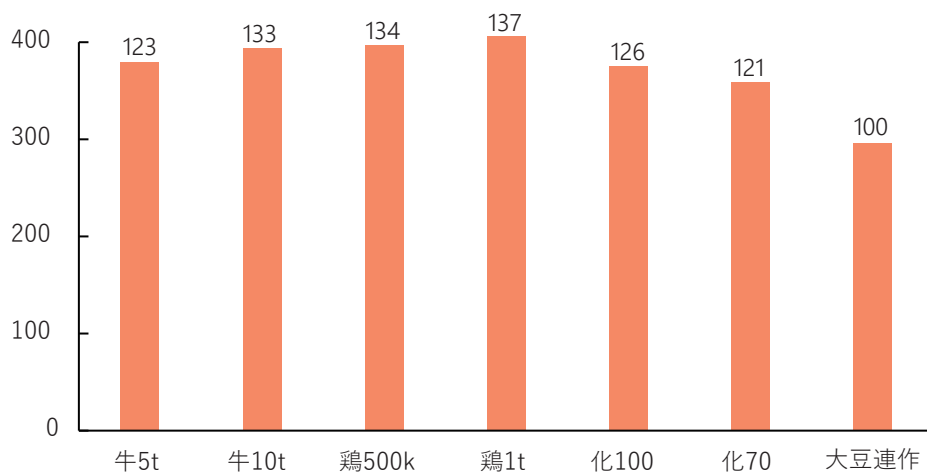


図 1 場内試験での大豆収量

- 注 1) 供試品種：ちくし B5 号、播種：2025 年 7 月 11 日、収穫：2025 年 11 月 7 日、播種様式：条間 70cm、株間 21cm、2 粒播種
 2) 収量は水分 15%換算
 3) 図中の数字は大豆連作を 100 とした相対値

② 子実とうもろこしの収量（2024 年現地試験）

現地での子実とうもろこし栽培において、牛ふん堆肥を 5t/10a 施用し、化学肥料を 72%減肥（窒素 30%、リン酸、カリを 100%減肥）した場合でも、化学肥料を 100%施用した場合と同等以上の子実収量が確保できました（表 1）。

表 1 現地実証における子実とうもろこしの収量等 (kg/10a)

試験区	化学肥料施用量 (N: P ₂ O ₅ : K ₂ O)	化学肥料 減肥率	茎葉 (水分 15%)	乾物子実 (収量)
牛ふん堆肥 5t				
N30% 減	12.6 : 0 : 0	72%	1.112	943
PK100% 減				
有機物なし				
化学肥料標準	18.0 : 9.0 : 18.0	—	793	924

③とうもろこし後麦、大豆輪作体系の収量（現地試験）

現地実証試験において子実とうもろこし後に栽培した麦は、大豆後に栽培した麦と比較して同等～それ以上の収量が得られました（表2）。

表2 現地実証における麦の収量等

	成熟期	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/㎡)	千粒重 (g)	子実重 (kg/10a)	検査 等級	タンパク 含量(%)	倒伏 程度
とうもろ 化学肥料	5月26日	88a	8.8a	319ab	34.5a	650a	1等下	10.0a	少
こし後 堆肥施用	5月26日	89a	8.6ab	327a	35.4b	611ab	1等下	10.2a	少
大豆後	5月26日	82b	8.4b	276b	36.5c	570b	1等下	9.4b	無

- 注1) 供試品種：シロガネコムギ、播種2024年11月20日、収穫2025年5月26日
2) 千粒重、子実重は水分12.5%、タンパク質は水分13.5%換算
3) 同列内異符号間に有意差(p<0.05、Tukey検定、それぞれの試験区間で統計処理)

④堆肥を施用して子実とうもろこしを栽培後、麦、大豆を栽培した場合の経営評価

堆肥を施用して子実とうもろこしを栽培した場合、標準量の化学肥料を施用して子実とうもろこしを栽培した場合と比較して、所得が3 作を通して約 16,000 円 /10a増加しました（表3）。

表3 子実とうもろこし栽培に堆肥を施用した場合の10aあたりの所得増加（試算）

	子実とうもろこし			麦			大豆			差し引き 計
	収量(kg)	収入(円)	肥料及び堆肥代(円)	収量(kg)	収入(円)	数量払(円)	収量(kg)	収入(円)	数量払(円)	
化学肥料区	924	32,340	16,966	643	19,290	52,619	371	55,650	44,059	
堆肥区	943	33,005	6,226	608	18,240	49,755	397	59,550	48,549	
所得増加分		665	10,740		-1,050	-2,864		3,900	4,490	15,900

- 注) 子実とうもろこしの単価35円/kg、大豆、麦の単価を乾燥調製施設等の手数料を引き、それぞれ150円/kg、30円/kgとする。また、堆肥の散布料金は稲わら交換で相殺されたため追加費用は発生しなかった、共通にかかった経費については省略。

栽培技術

子実とうもろこし、大豆畑輪作体系における
化学肥料低減・安定多収栽培技術の開発

農研機構中日本農業研究センター



とうもろこし栽培において、鶏ふんの施用により、収量を維持し、化学肥料を大幅に低減できることを示しました。大豆栽培においては、鶏ふんの施用および無肥料においても化学肥料と同等の収量が得られますが、2年連続無肥料では収量が8%低下することを示しました。前作とうもろこし栽培により、前作大豆と比較し、後作大豆の収量が5%増加することを明らかにしました。

① 鶏ふん施用によるとうもろこし栽培の化学肥料削減

- 化学肥料を鶏ふんに代替（2023年66%、2024年100%）しても収量を維持することができました。
- N4%の鶏ふんペレットの場合、肥効率50%（化学肥料Nなら2%分）として、施肥量を決めます。
- 化学肥料窒素の追肥効果はほとんど認められませんでした。

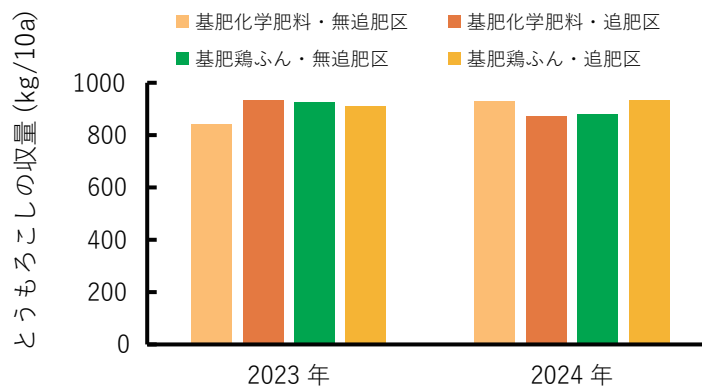


図1 施肥法がとうもろこしの収量に及ぼす影響

化学肥料区：N、P₂O₅、K₂O、それぞれ15kg/10a

鶏ふん区：2023年はN、P₂O₅、K₂O、それぞれ5kg/10a および鶏ふん500kg/10a、2024年は鶏ふん750kg/10aのみ
鶏ふんのNは4%。追肥は硫安でN5kg/10a

② 鶏ふん施用および無肥料による大豆栽培の化学肥料削減

- 化学肥料の100%を鶏ふんに代替、あるいは無肥料でも、大豆の収量は大きく変化しませんでした。
- ただし、後述するように2年間無肥料を継続すると、大豆の収量はやや低下しました。

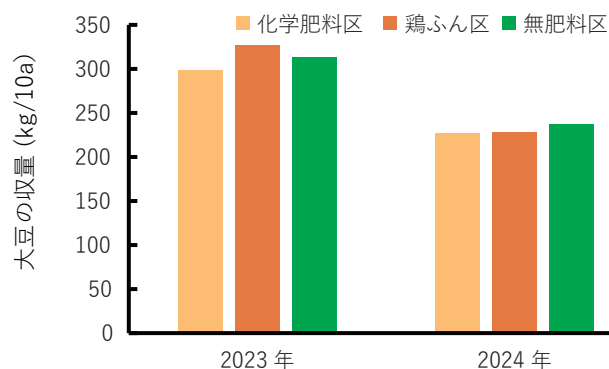


図2 施肥法が大豆の収量に及ぼす影響

いずれの年も、化学肥料区：N2kg/10a、P₂O₅8kg/10a、K₂O8kg/10a

鶏ふん区：鶏ふん250kg/10a。鶏ふんのNは4%。

- 茨城県つくばみらい市の研究所内圃場において、前作として、とうもろこしあるいは大豆を栽培して、後作の大豆を無肥料で栽培しました。
- 前作とうもろこしは、前作大豆より、後作大豆の収量が2年間平均で5%増加しました。
- 前作を化学肥料と鶏ふんで栽培した場合の後作大豆の収量に差異は認められません。
- 2年連続の大豆の無肥料栽培（前作大豆の前作無肥料区）では、収量が2年間平均で8%低下しました。
- とうもろこしを栽培すると、後作大豆は、無肥料栽培でも安定した収量が得られることが分かりました。



前年はとうもろこし大豆を栽培



大豆後の大豆 とうもろこし後の大豆

写真1 研究所内圃場における前作が大豆栽培に及ぼす影響の評価

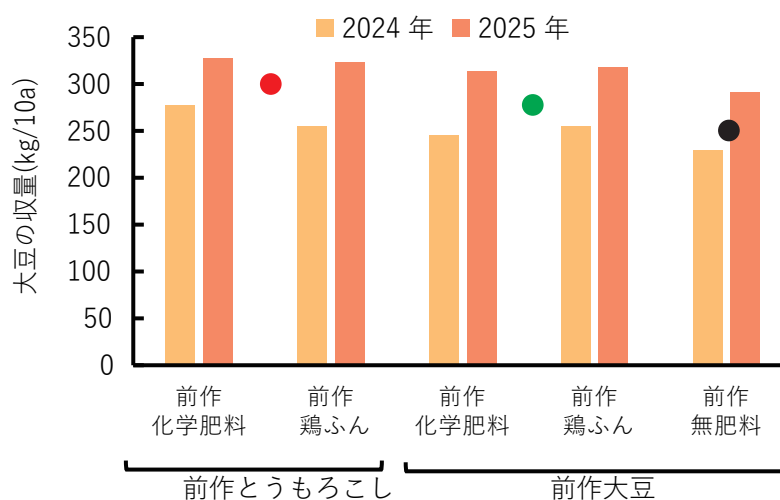


図3 前作物および前作施肥法が大豆の収量に及ぼす影響
 ● 前作大豆肥料区平均に比べて、● 前作とうもろこし肥料区平均は5%高収量、● 前作大豆無肥料区平均は8%低収量

鶏ふん施用によるとうもろこしの化学肥料低減、 および前作とうもろこしによる大豆の安定多収

農研機構畜産研究部門、農研機構中日本農業研究センター

対象者

- 生産者（法人）
- 研究機関
- 普及機関

とうもろこし栽培において、鶏ふんを主体とする施肥体系により、化学肥料が30%以上低減できることを現地実証しました。また、大豆栽培において、前作とうもろこしにより、3年間を通じて収量が増加することを現地実証しました。

1 とうもろこしの化学肥料削減の現地実証

茨城県筑西市の生産者圃場において、とうもろこし栽培の調査を3年間行い、鶏ふん区（鶏ふん堆肥N3~4%、水分30%）1 t / 10a+尿素（N46%）18kg/10aで化学肥料区（N、P₂O₅、K₂Oそれぞれ約20kg/10a）と比較して、収量は同等で化学肥料を85%以上削減できることを実証しました。

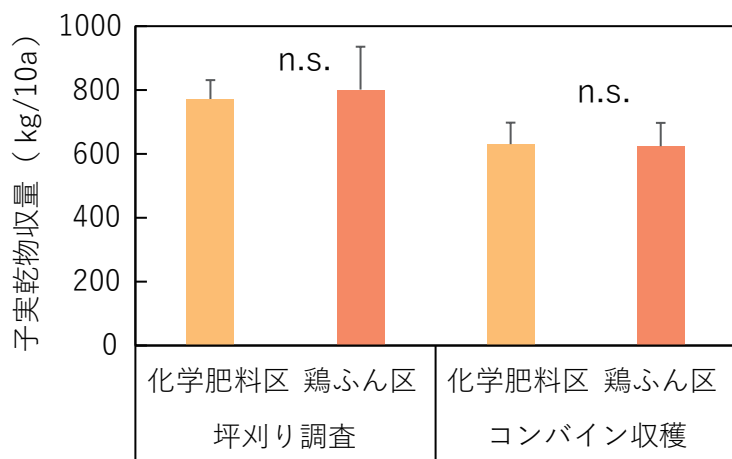


図1 現地試験における3年間のとうもろこし子実収量の平均値
n.s.は分散分析により処理間に差がないことを示す。

化学肥料区



鶏ふん区



写真1 茨城県筑西市におけるとうもろこし品種「P9027」（RM93）。鶏ふん区と化学肥料区には、収量品質において明確な差は見られない。（2023年8月24日撮影）

2 大豆の安定多収の現地実証

茨城県筑西市および境町の生産者圃場において、大豆栽培の調査を行い、とうもろこし作後の大豆は大豆連作と比較して、3年間を通じて高い収量を示しました。ただし、いずれの年も土壌条件が異なる圃場間の比較であったことに留意する必要があります。

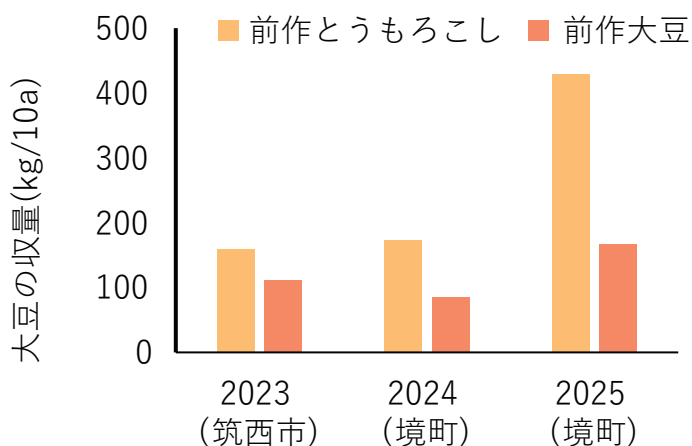


図2 現地試験における前作とうもろこしと前作大豆の収量



写真2 茨城県境町におけるとうもろこし後大豆品種「里のほほえみ」（2024年8月9日撮影）

米国アーカンソー州における大規模水田輪作

- アーカンソー州は全米一の米産地(2024年全米水稻作付け面積118万haの約50%の58.6万ha)であり、主に大豆、とうもろこし、水稻乾田直播の輪作が行われています。
- 畑地を基本として利用しているため、圃場が傾斜しており、水稻作の際には、適切な水管理のため、播種後に高低差約7.5cm毎に畦畔を築立しています。畑作の時は傾斜した畦畔がない状態のため、表面排水が促進され、畑作物栽培に有利な条件となっています。

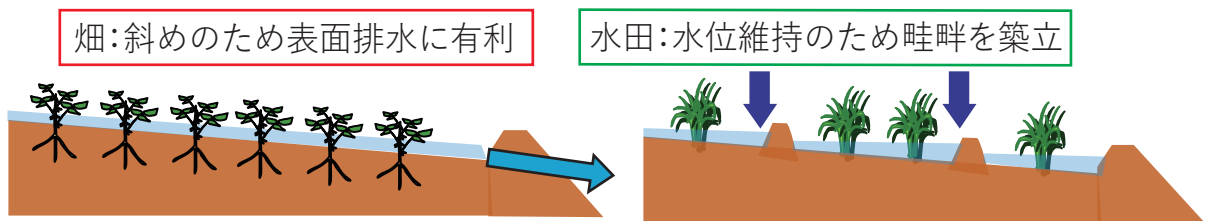


図1 アーカンソーの水田の状況(上)と畑(下左) 水田(下右)の模式図

- 水稻は収量で約850kg/10a前後、大豆約350kg/10a、とうもろこし約1,200kg/10aと日本より高い収量が得られています。
- 圃場の大きさは、16ha～120haでトラクタも300馬力以上、作業幅10m以上の作業機を使い、極めて効率的な営農が行われています。



図2 大型トラクタによる作業状況

- 今回のプロジェクトにおいて、このような圃場利用を参考にし、畦畔を除去して合筆し、水稻作の時に仮畦畔を築立する簡易な合筆を導入して輪作の実証試験を実施しました。特に大豆については、米国品種と日本品種を交配して育成した「そらひびき」を用いて実証試験を行い、米国のように高い収量が得られることを実証しました (p. 12)。

3-2牛ふん堆肥や土壌養分を利用して栽培した子実とうもろこしの後作への有機物および養分供給量の解明と後作大豆における化学肥料低減効果の検証

栽培技術

子実とうもろこしの後作への有機物および養分供給量の解明と後作大豆における化学肥料低減効果

農研機構畜産研究部門



家畜ふん堆肥のなかでも地力改善効果の高い牛ふん堆肥利用とその施用履歴の違いにより、土壌肥沃度が異なる条件で栽培した子実とうもろこしの収穫残渣由来の有機物や養分量を明らかにし、後作大豆において30%以上の化学肥料低減効果を検証しました。

① 畑条件における子実とうもろこし収穫残渣量と養分量

牛ふん堆肥の連用により土壌肥沃度の異なる圃場を用いて、青刈りとうもろこし栽培用土壌診断基準に基づき減肥栽培した子実とうもろこしでは、牛ふん堆肥施用暦のない圃場にて標準施肥で栽培したときと同等の乾物子実収量1t/10a以上が得られました。また、施肥条件の違いにかかわらず圃場に還元される収穫残渣量(茎葉+穂軸)は乾物1t/10a以上となりました。(図1)

この収穫残渣には、有機物が炭素として約540kg/10aが含まれ、作物にとって養分となる肥料成分として、10aあたり窒素約11kg、リン酸約2kg、カリ約30kgが圃場に還元されると見込まれました。

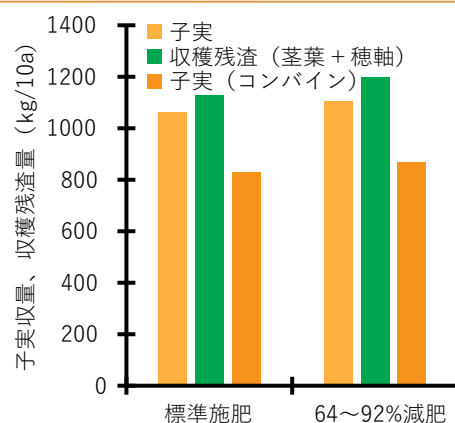


図1 標準施肥および減肥条件で栽培した子実とうもろこし収量と収穫残渣量

試験地：栃木県、褐色低地土、品種「KD641」。標準施肥：窒素-リン酸-カリ=22-20-22kg/10a(牛ふん堆肥無施用圃場にて、化学肥料のみ使用)。64~92%減肥：牛ふん堆肥1.5、3、4.5t/10a連用圃場にて、土壌診断基準と堆肥成分評価(参考資料参照)に基づいて減肥した3圃場の平均値。子実(コンバイン)は各圃場をコンバイン収穫したときの全刈り収量を示す。

子実とうもろこし収穫残渣に含まれるリン酸、カリを減肥した後作大豆の生産性

子実とうもろこし収穫残渣に含まれるリン酸とカリを大豆施肥基準量より減らして大豆を2作続けて栽培しました(減肥率56%)。このとき大豆には牛ふん堆肥は施用していません。

牛ふん堆肥施用暦のない圃場と牛ふん堆肥の連用により土壌肥沃度の高まった圃場の大豆収量について、施肥処理間に明瞭な違いはなく、この条件では収量を維持して減肥できると考えられました(図2)。

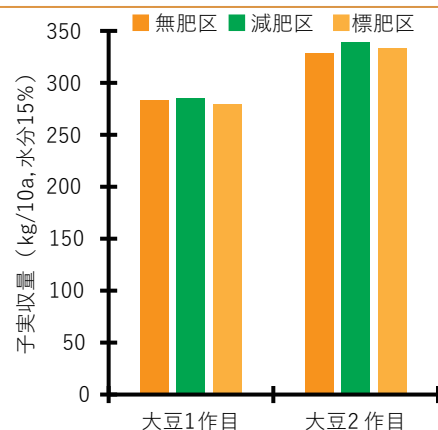


図2 子実とうもろこしの後作大豆におけるリン酸とカリの減肥が大豆収量に及ぼす影響

試験地：図1と同じ、品種「里のほほえみ」。無肥区：窒素-リン酸-カリ=0-0-0kg/10a、減肥区：窒素-リン酸-カリ=2-6-0kg/10a、標肥区(施肥基準量)：窒素-リン酸-カリ=2-8-8kg/10a。大豆播種前土壌の有効態リン酸含量(トルオーグリン酸)は、10~32mg/100g乾土、交換性カリ含量は15~51mg/100g乾土の範囲。無堆肥圃場、堆肥連用3圃場の平均値を示す。

子実とうもろこし収穫残渣、大豆収穫残渣、大豆施肥由来の 養分供給量と大豆養分吸収量の関係

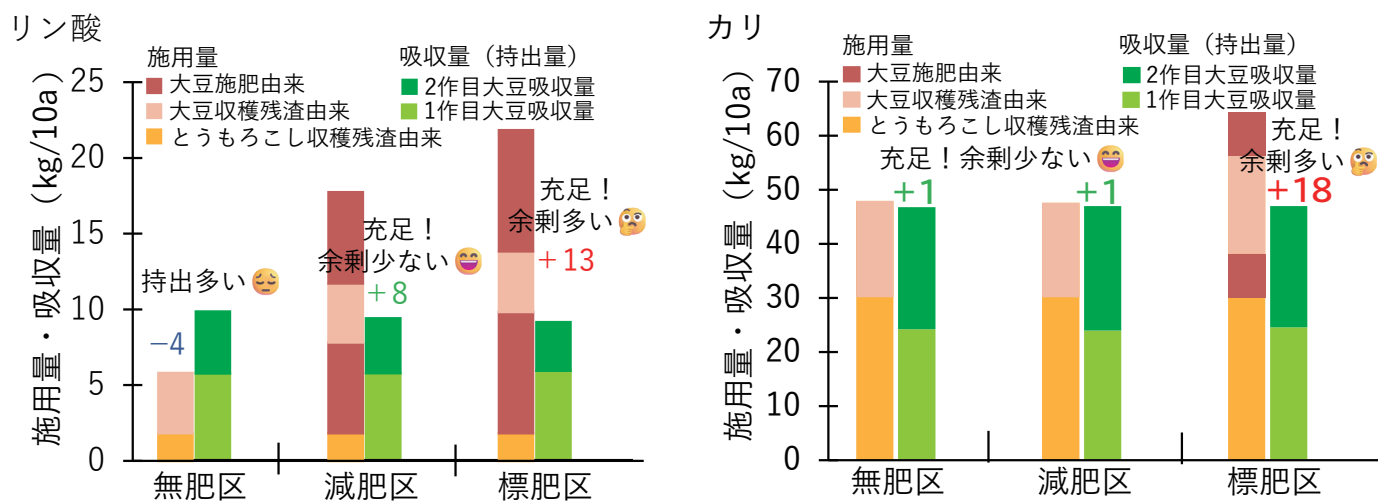


図3 子実とうもろこし、大豆収穫残渣、化学肥料由来のリン酸、カリ供給量との収支

無肥区、減肥区、標肥区：図2 脚注参照。とうもろこし収穫残渣由来は完熟期の茎葉と穂軸に含まれるリン(P)、カリウム(K)量から肥料成分量に合わせて酸化物 (P_2O_5 、 K_2O) あたりに換算、大豆収穫残渣由来は子実肥大初期の大豆地上部に含まれる各成分量から完熟期の子実に含まれる成分量を差し引いて算出し同じく酸化物に換算。2作目の大豆収穫残渣は含まない。

上の図は子実とうもろこし栽培後、大豆を2作続けて栽培したときのリン酸、カリの収支を示しています。

リン酸(図3左)は無施肥(無肥区)にすると、大豆による持ち出しが多く、収支はマイナスになるため、土壌からリン酸が減ることが分かります。子実とうもろこし収穫残渣に含まれるリン酸量を減じた減肥栽培(減肥区)では、大豆による吸収量を充足し、かつ施肥基準量を施用した標準施肥(標準区)よりも余剰分が減ることも分かりました。

カリ(図3右)は無施肥であっても子実とうもろこしと大豆の収穫残渣由来のカリ施肥量で大豆吸収量を充足し余剰も大幅に抑えられることが明らかとなりました。

以上のことから、子実とうもろこし収穫残渣に含まれるリン酸、カリに基づく大豆減肥栽培は、施肥基準に基づく標準施肥を行った場合と比べて、大豆の生産性を損なうことなく、土壌に残る余剰量を少なくできると考えられます。

【参考資料】

- 草地管理指標－飼料作物生産利用技術編－(平成26年11月、一般社団法人 日本草地畜産種子協会) p. 54～p. 63.
- 飼料用とうもろこしの作付け拡大に向けた新しい栽培技術<2014年度版>. p. 11.
https://souchi.lin.gr.jp/feed_increase/pdf/corn_cultivation-technology_2014.pdf
- 飼料用トウモロコシの作付け拡大に向けた新しい栽培技術<2019年度版>. p. 12.
https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/files/nilgs-corn2019.pdf

栽培技術

子実とうもろこしを導入したブロックローテーションでの作業計画提示システム

農研機構中日本農業研究センター

対象者

- 生産者（法人）
- 研究機関・企業
- 普及機関

子実とうもろこし品種について、播種日から各作業適期を予測するプログラムと、水田輪作のブロックローテーションでの作付計画をシミュレーションできるプログラムの2つを開発しました。

(1) 子実とうもろこしの発育ステージ予測

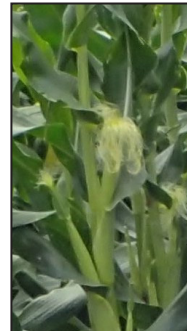
● とうもろこしは短日植物で、日長時間が短く、気温が高いほど発育が早く進みます。その特徴をモデル化して、播種したあとの、出芽日（2.1日）、絹糸抽出期（3.4日）、黄熟期（5.9日）、完熟期：子実含水率30%、25%、20%（6日程度）の予測を可能にしました。絹糸抽出期は虫害防除、黄熟期と完熟期はそれぞれ WCS、子実利用時の収穫適期です。（）内の数字は予測精度（誤差）を表します。



播種日



出芽日



絹糸抽出期



完熟期

(2) 子実とうもろこし発育予測 API の利用

- 発育予測は WAGRI の API で実行可能です。品種番号 (crop_by_id) と緯度 (lat)、経度 (lon)、播種日 (date_start) を送ると結果が返ってきます。受け渡しは JSON 形式のテキストで行います。

入力

```
"mesh_size": 1,
"data": [
  {
    "data_id": 0,
    "crop_by_id": 143,
    "lat": 36.024186,
    "lon": 140.097448,
    "default_param": true,
    "date_start": "2025-07-08"
  }
]
```



出力

```
cultivar: "PI2008", 品種名
model_type: 0,
emergence_date: "2025-07-13", 発芽期
silking_date: "2025-09-03", 絹糸抽出期
yellow_ripening_date: "2025-10-17", 黄熟期
30_grain_moisture: "2025-11-10",
25_grain_moisture: "2025-11-26",
20_grain_moisture: "2025-12-15" } 子実含水率
```

③

作業計画提示システムの概要

- 作付け前に、複数作物の収穫適期が競合しないような作付計画を立案するために使用します。作物の輪作体系を想定して、作付けしたい順に、作物 / 品種、栽培面積などを入力すると、過去の降水データや作業能率を考慮しながら、耕起、植え付け、収穫作業予定日を計算し、出力します。

入力情報の例

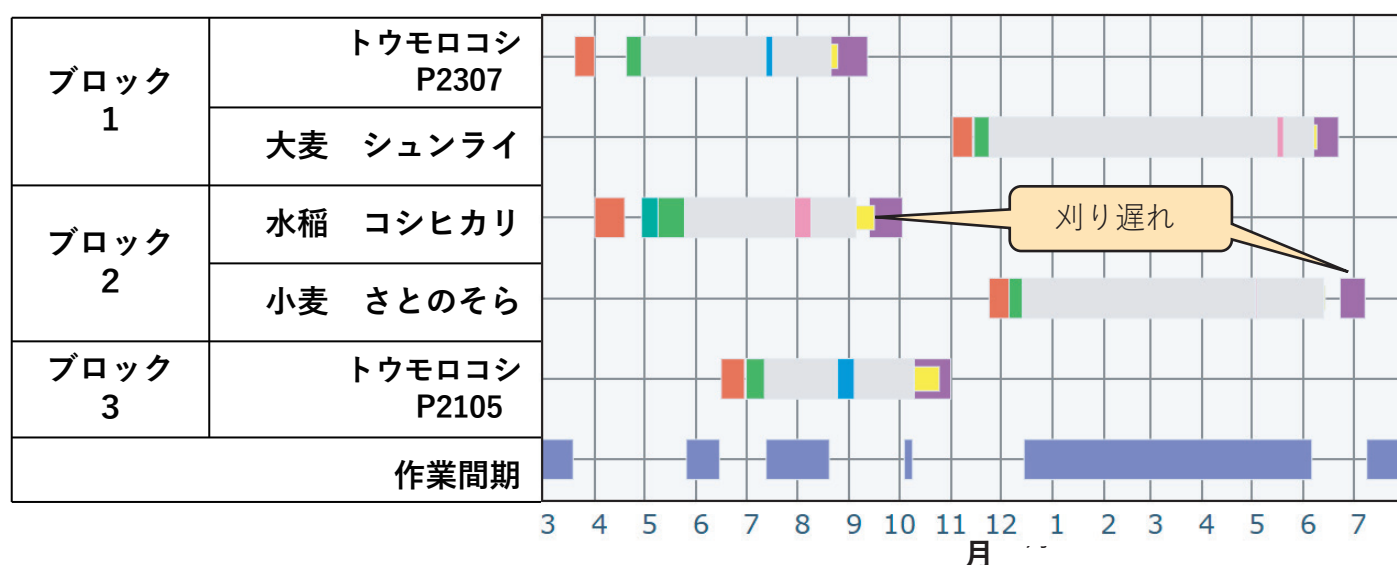
作期	作付け 順序	作物	品種	栽培面積 (ha)	作付け 希望日	ブロック
夏作	1	トウモロコシ	P2307	30	4/20	1
	2	水稻	コシヒカリ	40		2
	3	トウモロコシ	P2105	30	7/1	3
冬作	1	大麦	シュンライ	30	11/15	1
	2	小麦	さとのそら	30		2

④

作業計画の提示

- API では、栽培面積と作業能率 (ha/ 日、入力可能) から、まず耕起、植え付け日 (播種・移植) を計算します。次に発育予測を行い、成熟期 (収穫開始可能日) に達した品種から順に収穫作業日を割り当てます。また、作業競合が発生すると成熟期に対して刈取り作業が遅れる「刈り遅れ」などのアラートがでますので、これを参考に入力を更新することで、事前に理想的な作業計画を立てることができます。本プログラムも WAGRI の API として利用できますので、HP から問い合わせ下さい (<https://wagri.naro.go.jp/>)。※下図は API の出力情報を基に作図したもので、API そのものに作図機能はありません。

■ 耕起 ■ 代かき ■ 植付け ■ 開花 ■ 子実肥大始 ■ 成熟 ■ 刈取り



子実用とうもろこしを導入した高収益・低投入型大規模 ブロックローテーション体系の構築プロジェクト 参画機関

研究代表機関

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構（農研機構）

- ・ 東北農業研究センター
- ・ 九州沖縄農業研究センター
- ・ 中日本農業研究センター
- ・ 企画戦略本部
- ・ 畜産研究部門
- ・ 農業機械研究部門
- ・ 基盤技術研究本部農業ロボティクス研究センター

共同研究機関

- ・ 全国農業協同組合連合会
- ・ 古川農業協同組合
- ・ JA全農くみあい飼料（株）
- ・ 宮城県古川農業試験場
- ・ 宮城県農業・園芸総合研究所
- ・ 宮城県畜産試験場
- ・ 福岡県農林業総合試験場
- ・ 国立大学法人東北大学

免責事項

- ・ 本成果集に記載された調査データは、プロジェクト研究実施地域である宮城県、佐賀県、熊本県、茨城県、栃木県において行った試験のデータであり、地域、気候条件、その他の条件などにより異なる場合があります。
- ・ 農研機構及びその他の本プロジェクトの参画機関は、利用者が本成果集に記載された技術を利用したこと、あるいは技術を利用できないことに起因する結果について一切の責任を負いません。
- ・ 農研機構及びその他の本プロジェクトの参画機関は、利用者が本成果集を利用する際に使用する機器（機械、資材、ソフトウェア等）を利用した結果生じるトラブルやメンテナンスについて、一切の責任を負いません。利用者は自身の責任のもとでの利用をお願いいたします。

留意事項

- ・ 本成果集の記載内容は、「私的使用」または「引用」など著作権法上認められた場合を除き、無断での複製、転載、販売を禁じます。

(令和5～6年度)

みどりの食料システム戦略実現技術開発・実証事業のうち

農林水産研究の推進(委託プロジェクト研究)

子実用とうもろこしを導入した高収益・低投入型大規模ブロックローテーション体系の
構築プロジェクト成果集

本マニュアルは、農林水産省委託プロジェクト研究子実用とうもろこしを導入した
高収益・低投入型ブロックローテーション体系の構築プロジェクト(JPJ012038)で
得られた成果を取りまとめたものです。

発行	農研機構東北農業研究センター 〒020-0198 岩手県盛岡市下厨川字赤平4
発行年月	2026年3月
連絡先	研究推進部 研究推進室(広報チーム) Tel:019(643) 3414 Fax: 019(641) 7794 e-mail: sh-www-tohoku@naro.go.jp

※「農研機構」は「国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構」の
コミュニケーションネーム(通称)です。

