

「子実とうもろこしを導入した低投入型輪作体系マニュアル」



令和8年3月

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

目 次

I	従来輪作体系への子実とうもろこし導入の考え方	1
II	子実とうもろこしを導入した低投入型輪作体系現地試験結果	2
1	1 作目（R5：子実とうもろこし）	2
1)	栽培の手順	2
(1)	ほ場準備・施肥	
(2)	種子の準備	
(3)	播種	
(4)	生育期間中の管理	
(5)	収穫	
(6)	収穫残渣の処理	
2)	経営評価	5
2	2 作目（R6：大豆）	6
1)	栽培の手順	6
(1)	ほ場準備	
(2)	施肥	
(3)	種子の準備	
(4)	播種	
(5)	生育期間中の管理	
(6)	収穫・耕起	
2)	経営評価	7
3	3 作目（R7：乾田直播水稻）	8
1)	栽培の手順	8
(1)	ほ場準備	
(2)	施肥	
(3)	種子の準備	
(4)	播種準備・播種	
(5)	生育期間中の管理	
(6)	収穫・耕起	
2)	経営評価	10
4	子実とうもろこしを導入した低投入型輪作体系経営モデル	11

Ⅲ 子実とうもろこし導入促進に向けた栽培技術等の検討	12
1 牛ふん堆肥活用による化学肥料の低減	12
(1) 作付・施肥体系	
(2) 子実とうもろこしの生育・収量	
(3) 2作目大豆の根の変化	
(4) 3作目乾田直播水稻の収量	
(5) 土壌化学性・物理性の変化	
2 子実とうもろこし品種の適応性とカビ毒（フモニン）対策	15
(1) RMの違いによる収量性	
(2) 殺虫剤散布による子実中フモニン濃度の低減効果	
(3) 立毛期間中の子実中フモニン濃度の推移	
3 高速畝立播種機を利用した播種法の検証	17
(1) 播種精度の検証	
(2) 出芽の遅早と出芽率への影響	
(3) 収量や耐倒伏性への影響	
4 大豆播種精度に対すとうもろこし残渣のすき込み方法の影響	19
(1) 子実とうもろこし収穫残渣の処理から大豆播種までの流れ	
(2) 大豆の播種精度	
5 栽培体系を活用した畑雑草への除草剤防除効果	20
(1) 薬剤別・草種別の評価	
(2) 後作大豆ほ場での実証結果	

はじめに

宮城県内の水田を活用した土地利用型農業においては、水稻・麦・大豆を中心とした水田輪作が行われていますが、麦・大豆の栽培年数の増加に伴い、水田の地力の消耗による生産力の低下、さらには収量や品質の低下を招いています。地力消耗に対してこれまでは、堆肥等の有機物投入や緑肥作物の作付等の対策を推進してきているところです。

このような中で、畜産用の濃厚飼料として多くを輸入に依存している子実用とうもろこし（以下、本マニュアルでは「子実とうもろこし」とする）栽培においては、積極的な堆肥等の有機物の投入と収穫後に大量の植物残さをほ場に残すことが着目されてきており、その栽培方法については、農林水産省委託プロジェクト研究「収益力向上のための研究開発（自給飼料分科会）、平成27～31年」や、農研機構生研支援センター「革新的技術開発・緊急展開事業（うち地域戦略プロ）、平成28～30年」等で得られた研究成果等により作成された「子実用トウモロコシ生産・利活用の手引き（都府県向け）第1版」（国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構）がとりまとめられて一つの指針になっています。今回、みどりの食料システム戦略実現技術開発・社会実装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」（令和5～7年度）に宮城県も参画し、現地ほ場での輪作実証試験や試験場内での導入促進技術に関する試験を実施したことから、その試験結果をとりまとめ、新規輪作品目として子実とうもろこしの導入を検討する輪作経営体の参考としてご活用いただくことを考えて本マニュアルを作成しました。なお、委託プロジェクト研究本体におきましても、試験成果をとりまとめた「成果集」を作成していますので、併せてご活用をお願いします。

令和8年3月

宮城県古川農業試験場

齋藤康彦

I 従来輪作体系への子実とうもろこし導入の考え方

試験では、水稻・大豆の従来輪作体系に子実とうもろこしを追加する形の輪作体系で、なおかつ低投入型とする前提で試験を実施しました。

基本的な輪作の流れとしては、1作目：子実とうもろこし（早生種）、2作目：大豆（ミヤギシロメ）、3作目：主食用の乾田直播水稻（萌えみのり）です。1作目の子実とうもろこしの作付前に多量の堆肥を投入して基肥の化学肥料を節減し、2作目・3作目までの肥効継続・化学肥料節減をねらいとしています。

従来輪作体系を基本とした低投入型の輪作体系であるので、1作目の子実とうもろこしでは発酵鶏ふんを施用して基肥の化学肥料を節減するとともに、既存の大豆用播種機を汎用利用して播種しており、2作目の大豆では、逆に、子実とうもろこしの残さによる既存の大豆播種機の播種精度への影響を確認するとともに、既存品種の「ミヤギシロメ」での適応性を確認しています。3作目の水稻は、主食用を前提として、省力的で倒伏に強い栽培方法として乾田直播、県の優良品種には採用されていないものの県内で作付の多い耐倒伏性多収品種である「萌えみのり」を使って現地実証試験を実施しました。

作目	子実とうもろこし (1作目)	大豆 (2作目)	乾田直播水稻 (3作目)
播種機	高速畝立播種機	高速畝立播種機	グレンドリル
品種	早生品種 (34N84(RM108))	既存品種 (ミヤギシロメ)	主食用多収品種 (萌えみのり)
有機物	発酵鶏ふん	無施用 (とうもろこし残渣)	無施用
化学肥料	化成肥料(節減)	無施肥	無施肥

場内試験においては、牛ふん堆肥を施用した場合のより詳細な化学肥料の節減効果や後作作物への影響について、子実とうもろこしの品種選定とかび毒であるフモニシン濃度の推移、大豆用播種機の子実とうもろこし播種への汎用利用や2作目の大豆播種への影響等に関するより詳細な試験、輪作体系として考えた場合の子実とうもろこしから大豆作にかけての除草対策等について、それぞれ試験を実施しました。

II 子実とうもろこしを導入した低投入型輪作体系現地試験結果

1 1作目（R5：子実とうもろこし）

試験を実施した令和5年度時点においては、宮城県内での子実とうもろこし栽培に関する知見がほとんどなかったことから、当該現地試験の実施においては、国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構の「子実用トウモロコシ生産・利活用の手引き（都府県向け）第1版」を参考に現地試験を実施しました。

3月			4月			5月			6月			7月			8月			9月			10月		
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
		堆肥散布	基肥散布	播種				追肥散布													収穫		
				除草剤（土曜処理）				除草剤（茎葉処理）						殺虫剤散布							残渣処理	耕起（残渣すき込み）	
弾丸暗きよ	耕起		排水改良（耕盤破碎）	砕土・整地																		ほ場均平	

1) 栽培の手順

(1) ほ場準備・施肥

弾丸暗きよ：3月中旬（サブソイラ）

耕盤破碎：4月11日（パラソイラー）

前作は大豆でしたが、子実とうもろこしは大豆より湿害に弱い（地下水位40cm以下）ことから、サブソイラによる弾丸暗きよ、パラソイラーによる耕盤破碎を実施してほ場の排水改良を行い、チゼルプラウで耕起、ロータリで砕土・整地を実施しました。耕起に合わせて発酵鶏ふん、整地に合わせて化成肥料を施用しました。

発酵鶏ふん：600kg/10a

化成肥料（草地複合211(N20-P10-K10)）：70~75kg/10a(N14~15kg/10a)

※子実とうもろこしの基肥窒素量の目安は20kg/10aですが、発酵鶏ふんの施用により30%程度化成肥料を減肥しています。

(2) 種子の準備

国内に子実とうもろこしの専用品種はないため、飼料用トウモロコシ（サイレージ利用型）の宮城県奨励品種である「34N84（パイオニア108日）」（早生：RM108）を使用しました。

(3) 播種

【試験】大豆用「高速畝立播種機」の汎用利用と一般的な「真空播種機」の比較

播種日：4月24日

播種精度の比較では、播種深はやや深くなったものの、株間や出芽率、栽植密度は同等であり、その後の生育や収量も同等となりました。この結果から、大豆用の「高速畝立播種機」の子実とうもろこしへの汎用利用が可能であることが確認できました（表1）。

表1 子実とうもろこしの播種精度

播種方法	碎土率 (%)	播種深 (cm)	株間 (cm)	出芽率 (%)	栽植密度 (本/10a)
高速畝立 播種機	70.9 (68.6~73.9)	6.8±0.4	19.2±0.8	91.3	6,953
真空 播種機	—	—	19.5±0.4	91.4	6,609

※碎土率の()内の数値は調査した3か所の碎土率の幅を示す

※播種深及び株間の±は標準偏差を示す

(4) 生育期間中の管理

土壌処理除草剤散布：4月26日（ラクサー乳剤）

【ラクサー乳剤】

作物名称	適用雑草名称	使用量	散布液量	使用時期	使用方法
飼料用とうもろこし	一年生雑草	400~600mL/10a	100L/10a	は種後出芽前(雑草発生前)	全面土壌散布

茎葉処理除草剤散布：5月25日（アルファード液剤）

【アルファード液剤】

作物名称	適用雑草名称	使用量	散布液量	使用時期	使用方法
飼料用とうもろこし	一年生雑草	100~150mL/10a	100~150L/10a	とうもろこし3~7葉期 (但し、収穫45日前まで)	雑草茎葉散布 又は全面散布

殺虫剤散布：7月6日（プレバソフロアブル5）

【プレバソフロアブル5】

作物名称	適用病害虫名称	使用量	散布液量	使用時期	使用方法
とうもろこし	アノメイガ*	16倍	1.6L/10a	収穫前日まで	無人航空機による散布

※記載した農薬の使用方法は、試験実施及びマニュアル作成時点での農薬登録情報です。

実際に使用する際はラベル等を確認し、最新の登録情報に従ってご使用ください。

追肥：5月29日（尿素(N46)）：10kg/10a(N4.6kg/10a)

輪作体系であるため、子実とうもろこしの次作である大豆作での雑草管理への影響を考え、土壌処理と茎葉処理の2回防除としました。また、とうもろこしの主要害虫であるアワノメイガによる子実の食害では、収量の減少に加え、食害部から病原菌が侵入し、赤かび病が多発生することにより、かび毒の一種であるフモニシン濃度が上昇する恐れがあることから、絹糸抽出期に合わせて殺虫剤を散布しました。防除時点で草丈は2m程度に成長しているため、無人ヘリコプターによる空中散布で防除しました。

(5) 収穫

収穫：10月4日（アタッチメント装着の汎用コンバイン）

収量は、試験区・対照区とも900kg/10a程度を確保しました。

基肥窒素量の3割を発酵鶏ふんで代用した化学肥料節減栽培での現地実証試験でしたが、生育や収量は同等に良好な結果となりました（表2）。

表2 子実とうもろこしの収量調査結果

播種方法	坪刈収量 (kg/10a)	乾物残渣量 (kg/10a)	全刈収量 (kg/10a)
高速畝立播種機	1,157	921	967
真空播種機	1,099	952	1,038

注)坪刈収量及び全刈収量は水分15%に換算

(6) 収穫残渣の処理

収穫後茎葉の裁断：10月4日（オフセットシュレッダ）

収穫残渣のすき込み：10月19日（ロータリ）

ほ場均平：10月下旬（レーザーレベラー）

汎用コンバイン収穫後は1m弱の茎葉が残るため、これを刈り倒す作業が必要となります。また、収穫後の茎葉等の残渣が多いことから、次作の播種等作業に影響しないよう早い時期にすき込みを実施しました。

2) 経営評価

子実とうもろこしの単価を 36 円/kg と設定した場合、収量を確保しても支出が収入を上回るため、導入には交付金等の収入が前提になると考えられます（表 3）。労働時間が少ないことから、様々な営農品目との組み合わせが可能です（表 4、図 1）。

表 3 子実とうもろこしの経済性（10a 当たり）

項目	交付金等なし		交付金等あり	
	試験区	対照区	試験区	対照区
収入				
生産物	34,812	37,368	34,812	37,368
交付金			57,500	57,500
実証加算(10,000円/10a)			10,000	10,000
実証加算(10円/kg)			9,670	10,380
合計①	34,812	37,368	111,982	115,248
支出(変動費)				
種苗費	4,862	4,862	4,862	4,862
肥料費	20,378	20,378	20,378	20,378
農業薬剤費	4,432	4,432	4,432	4,432
その他の経費	30,270	31,795	30,270	31,795
合計②	59,942	61,467	59,942	61,467
限界利益③(①-②)	-25,130	-24,099	52,040	53,781
労働時間	3.2	3.0	3.2	3.0

収入：単価36円/kg、出荷量967kg/10a(試験区)、出荷量1038kg/10a(対照区)

交付金は水田活用直接支払交付金等

実証加算は全農(面積当たり)、飼料会社(生産物kg当たり)

機械：播種は試験区は高速畝立播種機、対照区は真空播種機を使用

収穫及び乾燥調整は委託として計算

表 4 子実とうもろこしの労働時間（10a 当たり）

作業名	試験区			対照区		
	人数	実作業時間(時間)	延べ時間(時間)	人数	実作業時間(時間)	延べ時間(時間)
施肥,耕起	1.4	0.9	1.2	1.4	0.9	1.2
排水対策	1.0	0.2	0.2	1.0	0.2	0.2
種子予措	2.0	0.0	0.1	2.0	0.0	0.1
播種	3.0	0.2	0.5	3.0	0.1	0.3
除草	2.4	0.2	0.4	2.4	0.2	0.4
収穫	4.0	0.2	0.7	4.0	0.2	0.7
その他	1.0	0.2	0.2	1.0	0.2	0.2
計		1.8	3.2		1.7	3.0

対照区は実証ほ経営体の作業日誌(とうもろこし作全体)から作業時間を集計し算出した

試験区は播種作業機械のみ対照区と異なり、その他の作業は経営体が行ったことから

試験区の播種作業のみ作業時間調査から算出し、他の作業は対照区と同一とした

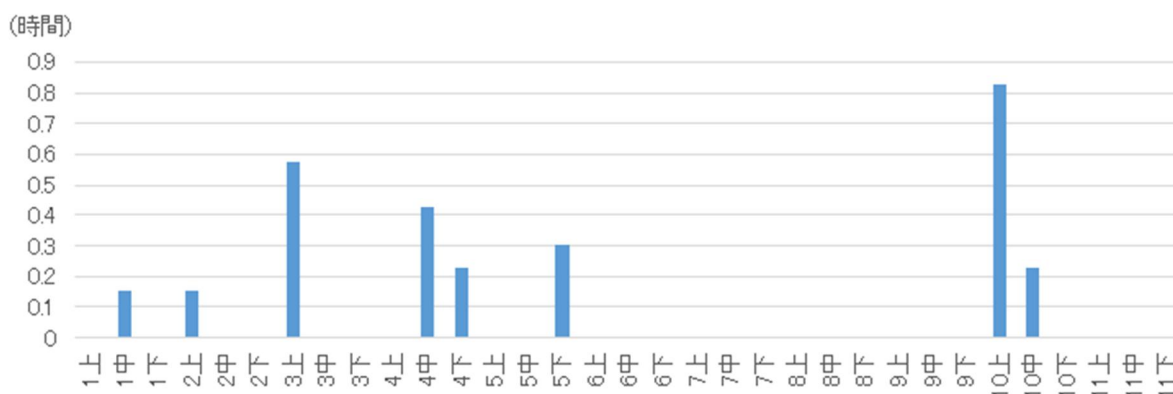


図 1 子実とうもろこしの旬別労働時間（10a 当たり）

2 2作目（R6：大豆）

～3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月
上 中 下	上 中 下	上 中 下	上 中 下	上 中 下	上 中 下	上 中 下	上 中 下	上 中 下
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: 5px;">弾丸暗きよ</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: 5px;">排水改良（耕盤破碎）</div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: 5px;">耕起</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: 5px;">種子薬剤処理</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: 5px;">播種</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: 5px;">除草剤（土曜処理）</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: 5px;">砕土・整地</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: 5px;">中耕培土</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: 5px;">除草剤（茎葉処理）</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: 5px;">殺虫殺菌剤散布</div>			<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: 5px;">収穫</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: 5px;">耕起</div>

1) 栽培の手順

(1) ほ場準備

【試験】子実とうもろこし後作ほ場と大豆連作ほ場での比較

弾丸暗きよ：3月中旬（サブソイラ）

耕盤破碎：3月下旬（パラソイラー）

耕起：5月21日（チゼルプラウ）

砕土整地：6月5日（パワーハロー）

(2) 施肥

【試験】子実とうもろこし後作は無施肥、大豆連作は農家慣行施肥での比較

低投入型輪作体系として、輪作2作目の大豆は無施肥としました。慣行施肥は化成肥料（N14-P8-K10）を30～40kg/10a 側条施肥しました。

(3) 種子の準備

現地農家の慣行品種である「ミヤギシロメ」を使用しました。

種子薬剤処理：6月上旬（クルーザーMAXX）

(4) 播種

【試験】「高速畝立播種機」と農家慣行の「T社播種機」の比較

播種：6月6日（サブソイラ）

(5) 生育期間中の管理

土壌処理除草剤：6月7日（ラクサー乳剤）

茎葉処理除草剤：7月31日（ポルトフロアブル）

中耕培土：7月17日（高速畝立播種機のディスクカルチを利用）

殺虫殺菌剤散布：8月26日（ドローン）

(6) 収穫・耕起

収穫：10月3～4日（汎用コンバイン）

耕起：11月25日（ロータリ）

大豆連作の慣行施肥区と比較して、子実とうもろこし後作の無施肥区では生育は同程度でしたが、有効莢数や収量、百粒重は上回りました（表5）。

表5 大豆の成熟期調査及び収量調査結果

区名	主茎長 (cm)	主茎節数 (節/本)	有効莢数 (莢/本)	蔓化 (0-4)	倒伏 (0-4)	全重 (kg/10a)	子実重 (kg/10a)	百粒重 (g)
無施肥区	103	15.5	34.3	0.0	0.0	688	298	42.7
慣行施肥区	110	16.3	27.4	0.0	0.0	591	217	39.6

注1: 主茎が折れた株の主茎長・主茎節数は除外した

注2: 蔓化・倒伏 0: 無、1: 少、2: 中、3: 多、4: 甚

注3: 子実重及び百粒重は、唐箕選によりくずを除き、水分15%に換算したもの

2) 経営評価

子実とうもろこし後作大豆は、収量が多く交付金も増加し、肥料費も削減されるため、時間当たりの利益は多くなりました（表6）。

表6 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)		
種苗費	3,228	3,228
肥料費	0	6,963
農業薬剤費	6,263	6,263
その他の経費	10,294	8,789
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

試験区は前作が子実とうもろこし。対照区は前作が大豆。労働時間に乾燥調製時間は含まれない

種子薬剤処理：4月7～8日（ルーチンシードFS）

(4) 播種準備・播種

播種前鎮圧：4月9日（ケンブリッジローラ）

播種：4月9日（グレンドリル）

播種後鎮圧：4月9日（ケンブリッジローラ）

(5) 生育期間中の管理

土壌処理除草剤：4月22日（マーシェット乳剤）

茎葉処理除草剤：4月22日（タッチダウンiQ）

茎葉処理除草剤：5月19日（トメバスMF液剤）

初中期一発除草剤：5月27日（カウンスルコンプリートジャンボ）

(6) 収穫・耕起

収穫：10月3～4日（自脱型コンバイン）

耕起：11月14日（プラウ）

試験区は大豆後作であるため無施肥で栽培しましたが、耐倒伏性の強い萌えみのりを作付けしたにも関わらず、地力窒素の発現により生育過剰となり、慣行施肥を行った水稻連作のササニシキと同程度の倒伏が発生しました（表7）。出荷収量については同程度となりました（表8）。

表7 乾田直播水稻の収量構成要素

区名	品種	基肥	追肥	倒伏程度	稈長	穂数	一穂粒数	粒数	登熟歩合
				0-400	cm	本/m ²	粒/本	粒/m ²	%
無施肥区	萌えみのり	無	無	250	90	569	77.3	43,907	59.2
慣行施肥区	ササニシキ	有	有(減分)	260	94	451	88.6	39,950	72.2

表8 乾田直播水稻の収量調査結果

区名	品種	全重	わら重	精玄米重	千粒重	出荷収量
		kg/10a	kg/10a	kg/10a	g	俵/10a
無施肥区	萌えみのり	1,914	895	591	22.7	9.9
慣行施肥区	ササニシキ	1,616	682	619	21.5	9.8

※精玄米重、千粒重、精玄米重は1.9mm調製。

※出荷収量は、色選後(試験・対照区は1等、参考区は2等相当)の数量。

2) 経営評価

試験区（大豆後作乾田直播水稻）は、肥料無施用による栽培であり、肥料費を大幅に削減できます（表9）。

表9 乾田直播水稻の経済性（10a 当たり）

項目	2020～2024年単価基準		(参考)2025年単価基準	
	試験区	対照区	試験区	対照区
収入				
生産物	151,470	156,996	326,700	338,100
合計①	151,470	156,996	326,700	338,100
支出(変動費)				
種苗費	4,062	2,892	4,062	2,892
肥料費	0	5,436	0	5,436
農業薬剤費	13,963	13,963	13,963	13,963
その他の経費	25,599	25,583	25,599	25,583
合計②	43,624	47,874	43,624	47,874
限界利益③(①-②)	107,846	109,122	283,076	290,226
労働時間	2.7	3.0	2.7	3.0

収入:2025年単価は生産者聞き取り販売価格 試験区「萌えみのり」550円/kg、対照区「ササニシキ」575円/kg
2020年～2024年単価は、相対取引価格5か年平均値で、「ササニシキ」267/kg、「萌えみのり」は相対取引価格がないため、2025年の価格差から「ササニシキ」の95.5%とした
試験区は前作が大豆。対照区は前作が水稻乾田直播。労働時間に乾燥調製と水管理時間は含まれない

4 子実とうもろこしを導入した低投入型輪作体系経営モデル

現地実証試験の結果を踏まえ、種苗費や肥料費、農薬薬剤費等を最新の標準的な価格とし、子実とうもろこしを導入した低投入型体系の経営モデルを作成しました。

子実とうもろこしを大豆、水稲作の輪作体系に導入し、化成肥料を減じた栽培体系とすることにより肥料費を抑えられます（表10）。

表10 子実とうもろこしを導入した低投入型輪作体系の経済性（10a 当たり）

項目		1年目	2年目	3年目	3か年計
		子実とうもろこし	大豆	水稲(乾田直播)	
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	2,940	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、水稲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ていない)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、水稲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

Ⅲ 子実とうもろこし導入促進に向けた栽培技術等の検討

1 牛ふん堆肥活用による化学肥料の低減

これまでの化学肥料による施肥から、堆肥投入を主体とした輪作体系における新たな施肥体系について検討を行い、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（対照として大豆）－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（表 1 1）。1作目に牛ふん堆肥を施用すると、1作目の子実とうもろこしは窒素のみの施肥で慣行施肥並みの生育・収量を得ることができ、慣行施肥の 67%の減肥（リン酸・加里分）栽培が可能でした。

2作目の大豆栽培では慣行の施肥を行いました。3作目の乾田直播水稻の栽培では無施肥で 560kg/10a 程度の収量を得ることができ、特に、1作目に堆肥を施用した区で良好な生育・収量が得られました。

表 1 1 試験区の構成（輪作体系区：堆肥は牛ふんたい肥を使用）

試験区	R 5					品目	R 6	R 7
	化学肥料 (kg/10a)			堆肥 (t/10a)	減肥率 (%)			
	N	P	K					
NPK	20	20	20	0	0	子実用 とうもろこし	N2kg/10a	無施肥
Nのみ	20	0	0	0	67			
堆肥 3t	20	0	0	3	67	大豆	× 大豆	× 乾直水稻
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について調査したところ、リン酸・加里肥料を施用しなくても、窒素単肥に加えて堆肥を 3t または 5t 施用することにより、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 2、図 3）。

また、窒素単肥のみの区は初期からリン酸欠乏症状（葉の赤化等）がみられ、他の区に比べて生育が遅く、収量も劣りました（図 4）。



堆肥 5t 堆肥 3t NPK Nのみ

図 2 播種 35 日後の子実とうもろこし (R5)

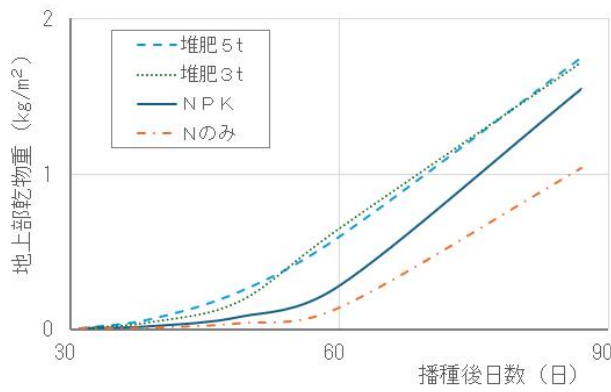


図3 子実とうもろこしの地上部乾物重推移 (R5)

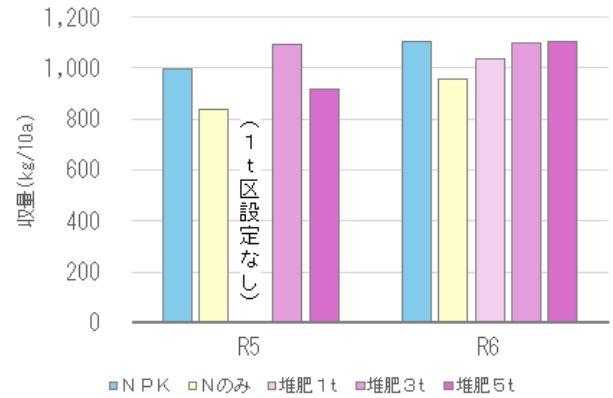


図4 堆肥の施用量と子実とうもろこしの収量 (R5~R6)

(3) 2作目大豆の根の変化

子実とうもろこし作後の大豆は、施肥の有無にかかわらず連作の大豆より収量が2割以上高くなりました (図5)。また、大豆根に着生する根粒菌の着生数が多く、細根が発達している様子が観察されました (図6、図7)。

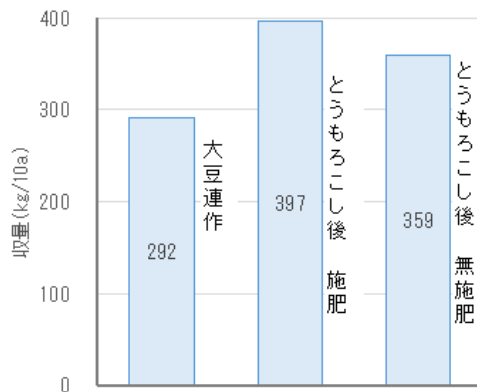


図5 子実とうもろこし後大豆収量 (R6)

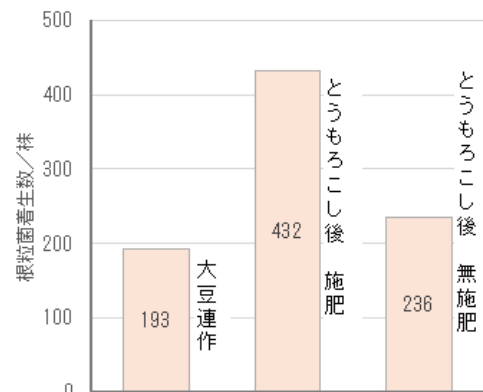


図6 大豆収穫期における株あたり根粒菌着生数 (R6)



図7 前作物による大豆根形状の違い (R7)
(左: 大豆後 右: 子実とうもろこし後)

(4) 3 作目乾田直播水稻の収量

1 作目の子実とうもろこし（または大豆）に堆肥を施用（3t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8）。

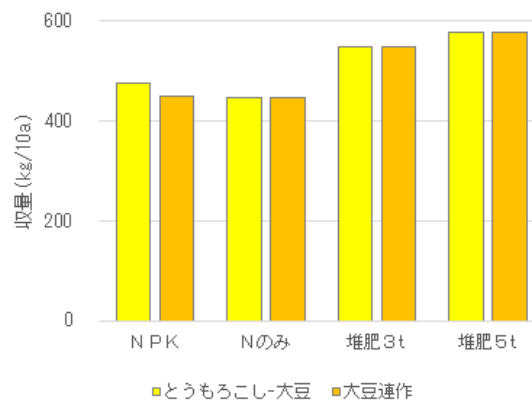


図8 連作体系での直播水稻（げんきまる）の収量（R7）

(5) 土壌化学性・物理性の変化

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9）。

土壌物理性について、子実とうもろこし作付後は下層土の気相率が増加し、透水性が高くなる傾向がみられました（表12）。

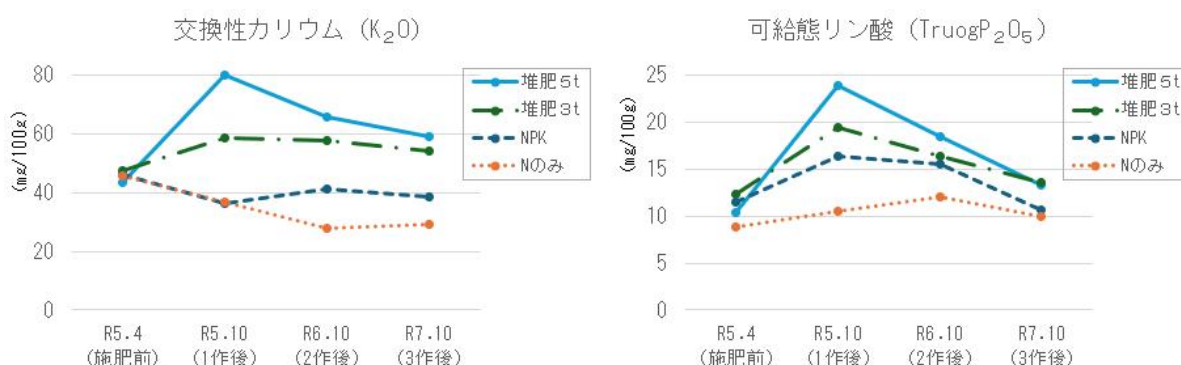


図9 連作体系での土壌中交換性カリウム・可給態リン濃度の推移（R5～R7）
（R5：子実とうもろこし → R6：大豆 → R7：乾田直播水稻）

表12 子実とうもろこし作付前後の土壌（下層）の三相分布（R5）

区名	調査日	固相率 (%)	気相率 (%)	液相率 (%)
NPK	4/18	41.1	9.5	49.4
	10/10	38.4	16.1	45.6
Nのみ	4/18	43.1	7.9	49.0
	10/10	32.0	20.0	48.0
堆肥3t	4/18	43.3	10.0	46.6
	10/10	31.7	20.3	48.1
堆肥5t	4/18	42.3	8.5	49.2
	10/10	33.8	15.5	50.8

2 品種の適応性と立毛期間中の子実中フモニシン濃度の推移

(1) RM（相対熟度）の違いによる収量性

RMの異なる3品種で試験をしましたが、RMが長い品種が必ずしも多収とはなりません。多収で作型にあったRMの品種を選定することが望ましいです（図10）。

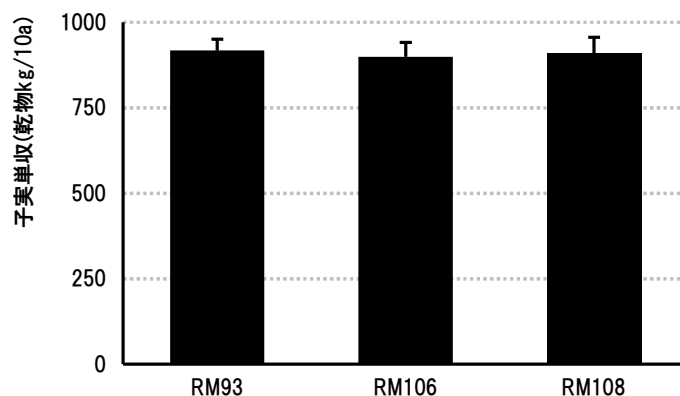


図10 子実単収（R5-R7の3か年平均）

(2) 殺虫剤散布による子実中フモニシン濃度の低減効果

子実とうもろこし生産において、殺虫剤散布は必須です。主な害虫はアワノメイガで、その食害がカビ毒（フモニシン）の増加に影響しています。

殺虫剤は、雄穂抽出期前後での散布が効果的ですが、その時期だと草丈が高くなっているためドローンによる散布が必要です。ドローン散布可能な薬剤は、クロラントラニリプロール水和剤（商品名：プレバソンフロアブル5）があります。

試験では1回散布より2回散布の方が防除効果が高かったのですが、基本は1回散布とし、その年のアワノメイガの発生状況を見ながら散布回数を検討することが望ましいです（図11、図12）。

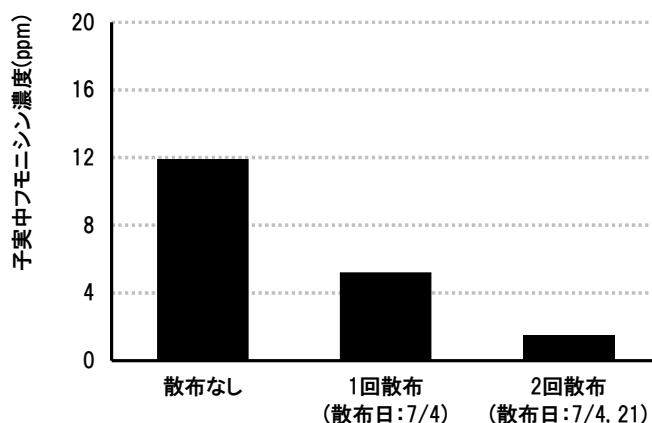


図11 殺虫剤散布回数と子実中フモニシン濃度



図 1 2 殺虫剤散布による子実の食害低減（左：殺虫剤なし、右：2回散布）

(3) 立毛期間中の子実中フモニシン濃度の推移

RM の異なる 2 品種で 3 か年試験しましたが、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。6 反復の最大値から、局所的に高い値が出てきていることが確認できます（図 1 3）。

収穫適期に達したら速やかに収穫することで、フモニシン濃度上昇リスクを抑えられます。

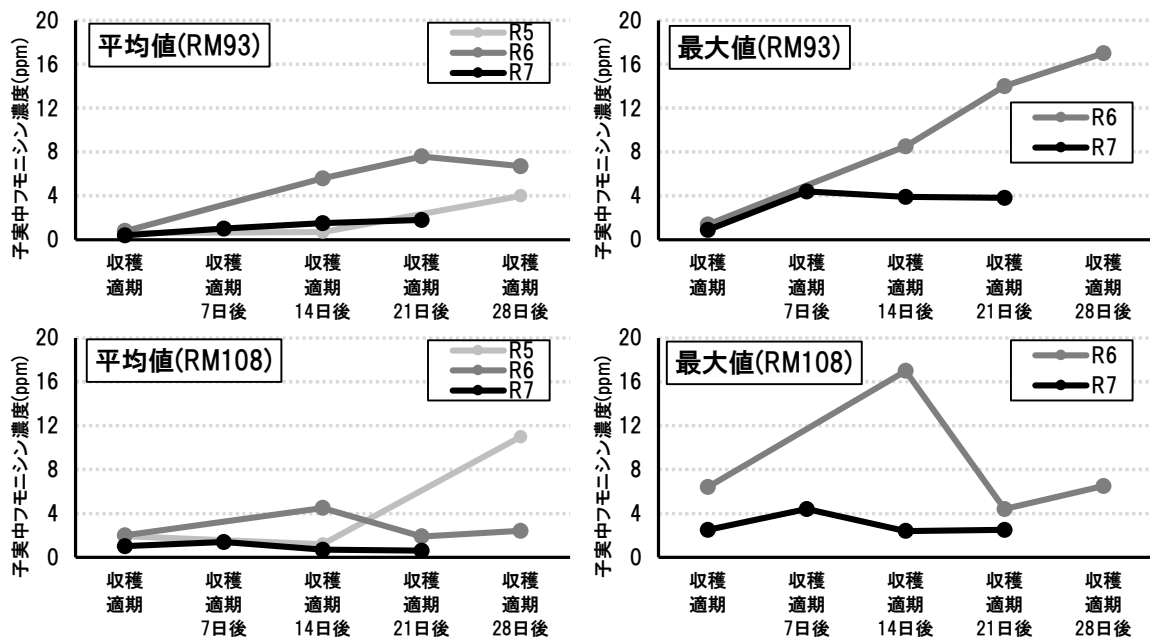


図 1 3 子実中フモニシン濃度の推移

(注) 平均値は 6 反復平均 (R5 は反復なし)。播種は R5. 5. 12、R6. 5. 10、R7. 5. 13 に実施した。収穫適期到達日は、RM93 は R5. 9. 8、R6. 8. 22、R7. 9. 3、RM108 は R5. 9. 8、R6. 9. 3、R7. 9. 10 と判定した

3 高速畝立播種機を利用した播種法の検討

(1) 播種精度の検証

供試した高速畝立播種機における畝立播種と平畝播種の播種精度は、播種機の種子操出部が同じため基本的に同等です（表13、表14、図17）。播種方法を変更すると播種深等に違いが出る場合がありますので、播種前の機械の調整・確認は必要です。

表13 播種機の設定

	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				

表14 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

(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も遅れる場合があるものの、最終的な出芽率は同等となりました。播種後の降雨が少ない年次では、畝立により排水性が向上したことで出芽の遅れを観察しました（図14）。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した。

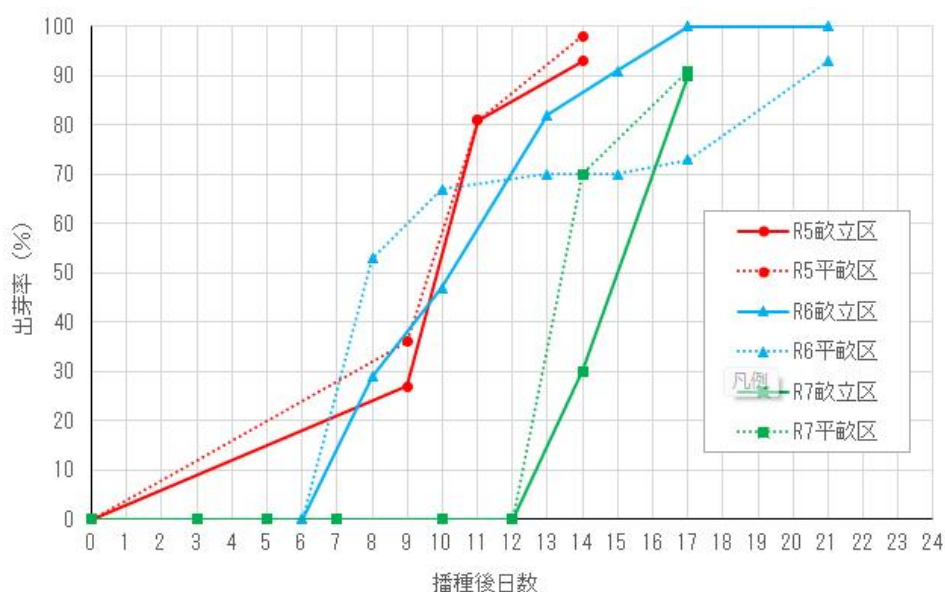


図14 出芽率の推移

(3) 収量や耐倒伏性への影響

試験を行った3か年は湿害の影響は見られず、約 1,000kg/10a の収量水準を確保しましたが、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15、図16)。

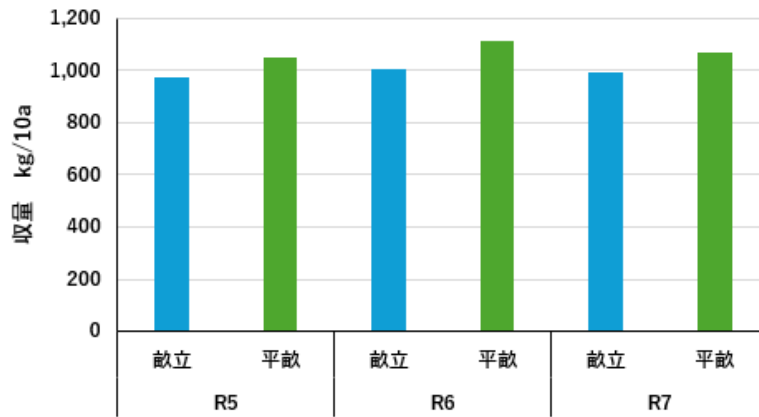


図15 収量調査結果

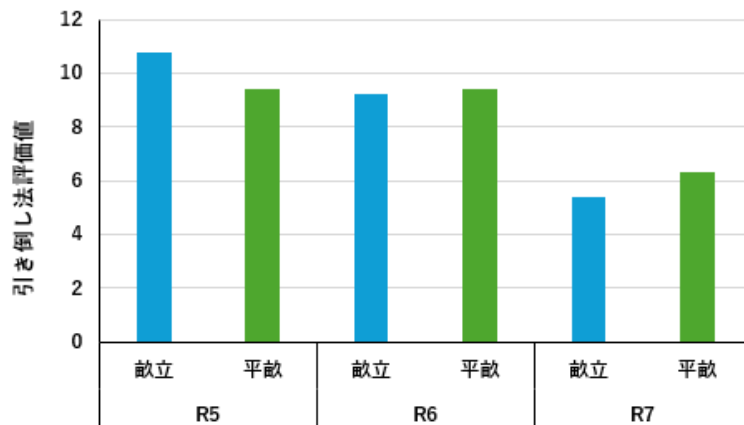


図16 引き倒し法評価値

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17 高速畝立播種機による畝立播種

4 大豆の播種精度を確保する子実とうもろこし残渣の処理方法

(1) 子実とうもろこし収穫残渣の処理から大豆播種までの流れ

子実とうもろこしから次作に切り替える際、子実とうもろこしの収穫残渣が次作の大豆播種作業に影響することがあります。そこで以下のような作業の流れで残渣を処理しました。子実とうもろこし収穫後、フレールモアを用いて刈り株、収穫残渣を細かく裁断し、その後、ダウンカットロータリまたはボトムプラウでほ場中にすき込みました。翌年、チゼルプラウで耕起し、播種直前はパワーハローで整地、碎土して、大豆を播種しました（図18）。

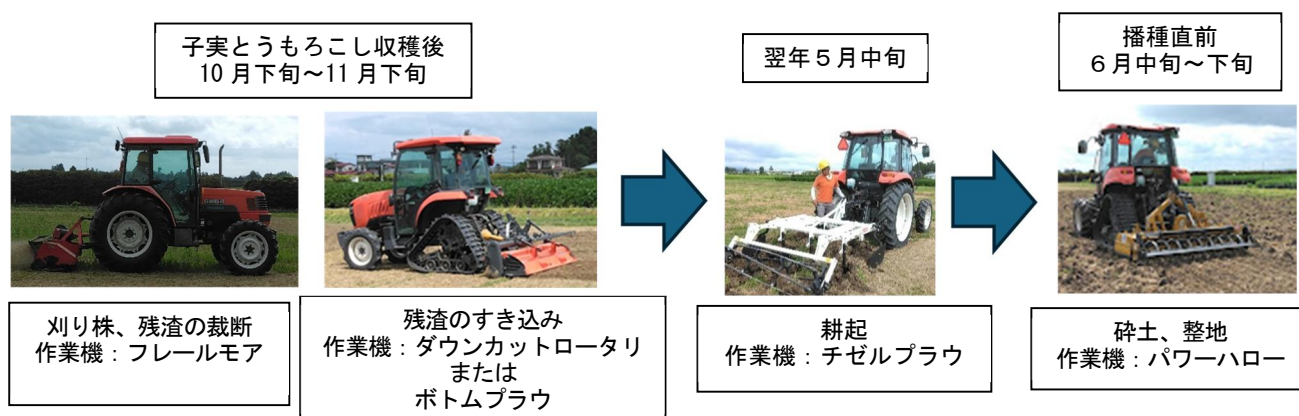


図18 子実とうもろこし残渣の処理から播種までの流れ

(2) 大豆の播種精度

図18に基づいて子実とうもろこし残渣の処理を行い、大豆の播種精度を平畝播種、畝立播種の2つの播種様式で調査しました。播種の目標として播種深3～4cm、播種間隔10～20cm、播種粒数2粒/株と設定しました。平畝播種、畝立播種の2つの播種方法において、目標とする播種精度を確保することが可能でした（表15）。

表15 すき込み方法別の畝立播種・平畝播種における播種精度（令和6～7年）

播種様式	試験年度	播種時期	すき込み方法	播種深 (cm)	播種間隔 (cm)	播種粒数 (粒/株)
畝立播種	令和6年	6月下旬	ボトムプラウ	3.7	11.3	1.9
			ダウンカット	3.8	9.6	1.8
	令和7年	6月中旬	ボトムプラウ	2.9	22.7	1.9
			ダウンカット	3.3	19.5	2.0
平畝播種	令和6年	6月下旬	ボトムプラウ	3.9	14.1	1.8
			ダウンカット	3.3	13.5	1.9
	令和7年	6月中旬	ボトムプラウ	2.6	20.8	1.9
			ダウンカット	3.3	20.0	2.0

注1)目標とする播種精度は次のとおり、播種深：3～4cm、播種間隔：令和6年は10cm、令和7年は20cm、播種粒数2粒/株

注2)令和6年の平畝播種は、播種機の型式が他の区と異なるため、播種間隔が広いものの、すき込み方法による違いはなかった

5 栽培体系を活用した畑雑草への除草剤防除効果

(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16）。

表16 除草剤別・雑草草種別の評価

雑草種名	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
成分名/剤型						
アトラジン・S-メトクロール /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：◎～○ 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：×	◎
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) 後作大豆ほ場での実証結果

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17）。

表17 雑草発生量(本/m²)

前作：子実とうもろこし	茎葉処理あり				茎葉処理なし	
	アトラジン・S-メトクロール		トブラメゾン		7月8日	8月19日
薬剤名	7月8日	8月19日	7月8日	8月19日	7月8日	8月19日
雑草種/調査日						
シロザ・アカザ	3.1	1.0	3.1	0.7	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

本マニュアルは、みどりの食料システム戦略実現技術開発・社会実装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」（令和5～7年度）で得られた成果を基に制作したものです。

【お問い合わせ先】

宮城県古川農業試験場 〒989-6227 宮城県大崎市古川大崎字富国 88

E-mail: hknosi@pref.miyagi.lg.jp <http://www.pref.miyagi.jp/soshiki/hk-nousi/>

水田営農部 電話：0229-26-5106 FAX：0229-26-5102