

委託試験成績（令和5年度）

担当機関名 部・室名	愛知県農業総合試験場 作物研究部 作物研究室
実施期間	令和5年度～6年度、新規
大課題名	I 水田営農を支える省力・低コスト技術、水田利活用技術の確立
課題名	輪作田における子実用トウモロコシ栽培技術の確立
目的	わが国では、濃厚飼料の約9割を輸入に依存しているが、近年、国際的な穀物価格の高騰を背景に、国産濃厚飼料の需要が高まってきている。国内の濃厚飼料生産の取り組みとしては、飼料用トウモロコシ作が取り組まれており、水田作の場面においては、水田活用の直接支払交付金の戦略作物助成35,000円/10aに加え、水田農業高収益化推進助成10,000円/10aを上乗せされるなど、全国的に取組推進の機運が高まっている。しかし、水田での栽培に関する知見が少ないほか、播種、収穫に専用機械を要するため、輪作作物として子実用トウモロコシ栽培に取り組むハードルはまだまだ高い。そこで、本研究では、愛知県の輪作体系に組み込むことが可能な「水稻－子実用トウモロコシ」、および「水稻－小麦－子実用トウモロコシ」体系の栽培法を確立するため、全量基肥施肥法や、化学肥料削減、耕畜連携に向けた堆肥活用を検討するほか、既存の機械を活用した播種、専用機を用いた収穫について、作業性等を評価する。令和5年度は「水稻－子実用トウモロコシ」体系を想定した4月播種で試験を実施する。
担当者名	愛知県農業総合試験場 作物研究部 作物研究室 技師 柏木 啓佑

1. 試験場所

愛知県農業総合試験場作物研究部の水田ほ場 20a

2. 試験方法

(1) 供試機械名

- ・ジェットシーダ（タカキタ JS4108）
- ・大豆播種機（アグリテクノサーチ TDR-3CK 目皿は大豆用）
- ・不耕起V直播種機（鋤柄農機 AD-105）
- ・畝立播種機（市販のアップカットロータリーを改造して自作）
- ・普通型コンバイン（ヤンマー YH700M）
- ・コーンヘッダー（ヤンマー CH3R, 700MT-JP）

(2) 供試作物

子実用トウモロコシ スノーデント 110（雪印種苗）

(3) 試験区構成

各試験区の構成は表1のとおり。

表1 試験区構成

試験No.	試験区	施肥			播種方法	播種作業
		基肥	追肥	計		
		kgN/10a	kgN/10a	kgN/10a		
①, ②, ③	対照	14.7(硫安)	7.3(硫安)	22	ジェットシーダ	堆肥・基肥施用 → ロータリー耕 → 砕土・整地 → 不耕起播種
①	LP70	14.7(硫安)+7.3(LP70)	-	22	ジェットシーダ	堆肥・基肥施用 → ロータリー耕 → 砕土・整地 → 不耕起播種
②	10N	6.7(硫安)	3.3(硫安)	10	ジェットシーダ	堆肥・基肥施用 → ロータリー耕 → 砕土・整地 → 不耕起播種
②	30N	20(硫安)	10(硫安)	30	ジェットシーダ	堆肥・基肥施用 → ロータリー耕 → 砕土・整地 → 不耕起播種
③	大豆用	14.7(硫安)	7.3(硫安)	22	大豆用播種機	堆肥・基肥施用 → ロータリー耕 → 砕土・整地 → 浅耕播種
③	V直	14.7(硫安)	7.3(硫安)	22	不耕起V直播種機	堆肥・基肥施用 → ロータリー耕 → 砕土・整地 → 不耕起V溝播種
③	畝立	14.7(硫安)	7.3(硫安)	22	畝立播種機	堆肥・基肥施用 → ロータリー耕 → 砕土・整地 → 耕起畝立播種

注) いずれの区も作前に牛ふん堆肥3t/10a（水分50%換算）と苦土石灰100kg/10aを施用。追肥は4～5葉期に実施。

①全量基肥施肥法の検討（分施、全量基肥 2区）

追肥作業の省力化を目的とし、緩効性の被覆尿素肥料（LP コート 70 日タイプ）を用いた施肥法を検討する。

②施肥量の検討（施肥量窒素量 10～30kg/10a 3区）

作付前の牛ふん堆肥施用を想定し、収量確保に最適な施肥量を検討する。

③既存の機械を活用した低コスト播種法の検討（播種機 4区）

県内農家が有する機械を活用した播種法を比較し、播種精度や収量性を検討する。

④子実用トウモロコシ収穫機の作業性評価（子実用トウモロコシ収穫機 1区）

作業時間、収穫ロス、収穫後残渣の状況等を調査する。あわせて残渣からの窒素供給による次作の化学肥料削減効果を確認する。

(4) 耕種概要

2023年2月28日：牛ふん堆肥（3t/10a 現物）・苦土石灰施用（100kg/10a）

4月17日：基肥施用、ロータリー耕

4月19日：バーチカルハローによる碎土・整地（V直区は鎮圧整地）

4月20日：播種・除草剤散布（ラッソー乳剤）

種子にはキヒゲン R-2 フロアブル、クルーザーFS30 を塗抹処理

5月11日：カラス食害のため、手で播き直し

（V直以外は株間 20cm の 1 粒播き、V直は 4/20 に計測した播種量と同量をV溝に筋播きした後、防鳥網を設置した。）

5月21日：出芽期

5月31日：追肥

6月7日：除草剤散布（アルファード液剤）

6月19日：アワノメイガ防除（トレボン乳剤）

6月21日：生育調査

7月18日：雄穂抽出期

7月23日：絹糸抽出期

7月25日：アワノメイガ防除（トレボン乳剤）

7月31日：アワノメイガ防除（パダン SG）

8月16日：獣害が発生したため電柵設置

8月22日：黄熟期

9月26日：成熟期 生育・収量調査

10月13日：機械収穫

(5) 調査項目

土壌調査（作付前後）、苗立数、生育調査（草丈、茎数、稈長、着雌穂高、倒伏、虫害折損率、有効雌穂率）、収量調査（子実重）、窒素吸収量、飼料品質調査（TDN、かび毒）、作業性（作業時間、収穫ロス、収穫後残渣の状況等）、経営評価

生育調査地点は、各区 2m×1 条、3 反復で設置したが、雄穂抽出期以降、アワノメイガ、キツネによる食害が甚大であったため、成熟期は各区、生育中庸で食害が軽微であった株を、元々の調査地点の株数分調査した。

3. 試験結果

(1) 栽培期間中の鳥獣害・虫害について

春先にカラスの飛来が多く、播種後、大部分の種子が食害にあった。また、出芽した個体もカラスによって引き抜かれ、出芽率はほぼ 0% となった。忌避剤としてキヒゲン R-2 フロアブルを塗抹し、播種深度 3cm 程度で播種を行ったが、上述の出芽率となったため、鳥害が多い地域では作付を避ける、もしくは播種深度を深くする等の工夫が必要であると考えられた。アワノメイガの発生は 6 月中旬ごろから見られ、雄穂抽出期頃から最盛期となった。殺虫剤は畦畔から鉄砲ノズルにより散布したが、効果は完全でなく、食害は成熟期まで続いた。このため、ドローン等を活用し、殺虫剤をほ場全体に行き渡らせる必要があると考えられた。黄熟期頃からキツネの食害がみられた。黄熟期頃からほ場では子実の香りが漂うため、野生

動物が誘引されると考えられた。このため、山が近いほ場等では、着雌穂高が低くならないよう、生育改善に努めるほか、電柵等の獣害対策を講じる必要があると考えられた。

(2) 栽培期間中の気象条件

5月下旬～6月中旬、6月下旬～7月中旬は降雨日が多く、畝立播種区を除く区で湿害による著しい生育停滞が観察された(図1)。また、7月中旬～8月上旬は降雨が少なく、干ばつとなり全区で乾燥による葉巻が観察された(図1)。

(3) 全量基肥施肥法の検討(試験①)

初期生育は同等であったが、成熟期は稈長、子実重ともにLP70区が高い値となった(表2)。本年は追肥後、湿害により生育が停滞気味になる期間があり、両区ともこの期間は養分吸収を十分に行えなかったと考えられた。対照区では追肥由来の速効性窒素成分の多くが流出してしまっただけで、湿害から回復後の窒素量吸収量が少なくなったと考えられた。一方、LP70区では、生育停滞期間の窒素成分は同様に失われるが、回復後も溶出が続くため、対照区より多くの窒素を吸収することができ、収量性が向上したと考えられた。以上のことから、緩効性肥料を用いた全量基肥施肥法は、省力性、湿害軽減対策の観点から、分施より優れると考えられた。

(4) 施肥量の検討(試験②)

施肥窒素量が増えるほど、子実重は多くなった(表2)。窒素吸収量と子実重の関係を見ると、窒素吸収量12kg/10a程度で600kg/10a程度、16kg/10aで800kg/10a程度の子実重が得られると示唆されたが、本試験では、12kg/10a以上の区はなく、子実重を最大化できる窒素吸収量は判然としなかった。本試験では湿害が発生し、加えて生育が旺盛な時期が干ばつとなっており、窒素吸収量が抑えられた。このため、緩効性肥料、畝立播種を活用した湿害のダメージが少ない条件では、30kgN/10aは過剰な施肥となる可能性がある。したがって、牛ふん堆肥を3t/10a、施肥窒素量22kg/10aを基準とし、継続して検討する必要がある。

(5) 既存の機械を活用した低コスト播種法の検討(試験③)

全区、手で播き直したため、播種精度の比較はできなかった。畝立播種区は初期生育から旺盛であり、子実重は最も多かった(表2)。達観により高い排水性が確認できたことに加え、窒素吸収量が多かったことから、畝立により湿害を軽減できたと考えられた。V直播種区は排水性が最も悪く、湿害の程度が大きく、子実重は最も少なかった(表2)。また、トウモロコシの不定形な種子は、V直播種機の繰り出しロールにうまくはまらないことがあり、播種量調節の段階から排出量が安定せず、本試験では密植条件となった。このため、V直播種機を子実用トウモロコシ作に活用することは困難であると考えられた。大豆播種区は初期生育が対照と同等であったものの、子実重は対照より少なくなった(表2)。大豆播種区はアワノメイガの食害による折損率が高く、有効雌穂率も低いため、低収要因は播種法によるものではなく、アワノメイガの食害程度が大きく、雄穂抽出期以降、生育が著しく阻害されたためであると考えられた(表2)。以上のことから、湿害が起きやすい水田では、畝立播種が最も優れると考えられた。

(6) 収穫物のかび毒調査

試験ほ場の収穫物からはアフラトキシンが検出された(表3)。本試験では、アワノメイガの食害が甚大であったため、食害跡からかび毒産生菌が侵入したと考えられた。

(7) 収穫作業と残渣

収穫に要した時間は13分/10aであった(表4)。茎水分54.1～69.1%、子実水分11.7%程度の条件では問題なく収穫できると考えられた。収穫作業後、ほ場に落ちている子実は14g/m²であり、収穫後の刈跡株高は40cm程度、残渣量は578kg/10aであった。また、残渣から供給される炭素量、窒素量それぞれ255kg/10a、4.6kg/10aであり、堆肥施用による地力向上も想定されるため、次作においては、減肥を検討する必要があると考えられた(表4、5)。

4. 主要成果の具体的データ

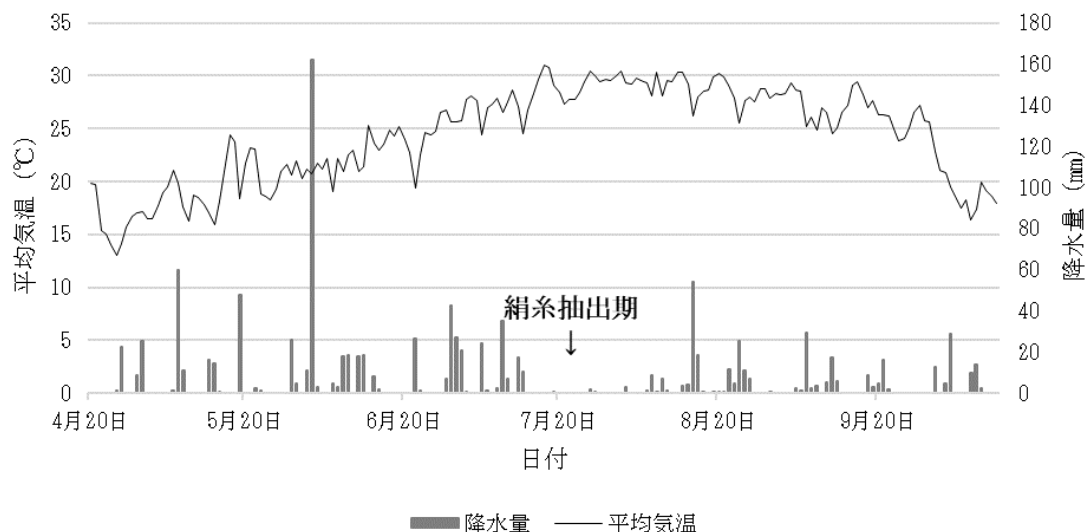


図1 試験期間中の気象推移

表2 各区の生育・収量調査結果

試験区	苗立 本数	6/21		成熟期									
		草丈	葉色	稈長	雌穂数	着雌穂高	子実重	窒素吸収量	倒伏	虫害折損率	有効雌穂率	TDN	
	本/10a	cm	SPAD	cm	個/株	cm	kg/10a	kg/10a	0-5	%	%	% (dry)	
対照	6667	60 ^{bc}	29.6 ^c	173 ^c	1.0 ^a	57 ^b	311 ^b	6.2 ^b	0	83	76	87	
LP70	6667	60 ^{bc}	29.2 ^c	203 ^{ab}	1.0 ^a	72 ^a	426 ^{ab}	7.1 ^b	0	55	71	87	
10N	6667	51 ^{cd}	29.3 ^c	155 ^d	0.9 ^a	53 ^b	102 ^c	4.1 ^b	0	79	61	86	
30N	6667	62 ^b	34.0 ^b	189 ^b	1.0 ^a	68 ^a	368 ^b	7.4 ^b	0	79	68	87	
大豆用	6667	59 ^{bc}	30.0 ^c	164 ^{cd}	1.0 ^a	50 ^{bc}	143 ^c	4.0 ^b	0	92	55	86	
V直	10000	41 ^d	28.7 ^c	134 ^e	0.9 ^a	42 ^c	99 ^c	2.3 ^b	0	40	50	86	
畝立	6667	83 ^a	40.1 ^a	209 ^a	1.0 ^a	77 ^a	525 ^a	12.9 ^a	0	61	88	88	

注) 倒伏は0(無)-5(甚)の6段階評価。虫害折損率は連続100株中の虫害による折損株の割合。有効雌穂率は連続100株中の稔実している雌穂を有する株の割合。同一列上の異なる英字はTukey-Kramer法による多重比較の有意差(p<0.05)を示す。

表3 収穫物のかび毒調査結果

かび毒	検出量 mg/kg (dry)
アフラトキシンB1	0.65
アフラトキシンB2	0.06
アフラトキシンG1	0.61
アフラトキシンG2	0.04
ゼアラレノン	検出なし
デオキシニバレノール	検出なし
ニバレノール	検出なし

注) 各検出量はほ場内9地点で採取したサンプルの最大値。

表4 収穫機の作業性および作後の状況

項目	調査結果	
作業時間	13	分/10a
茎水分	54.1~69.1	%
子実水分	11.7	%
収穫ロス	14	g/m ²
刈跡株高	39.5	cm
残渣量	578	kg/10a
作後ほ場への炭素供給量	255	kg/10a
作後ほ場への窒素供給量	4.6	kg/10a

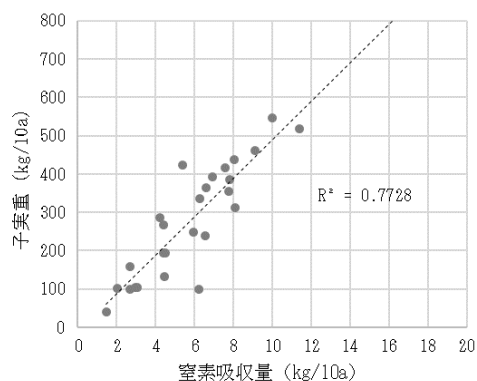


図2 窒素吸収量と子実重の関係

表5 作付け前後の土壌調査結果

採土時期	pH	EC	T-C	T-N	C/N	CEC	可給態 P ₂ O ₅	交換性塩基			培養 窒素 (畑)
								K ₂ O	CaO	MgO	
		mS/m	%	%		me/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g
作付前	5.9	12.8	2.07	0.18	11.5	20.1	11.2	30.6	256.5	68.1	5.0
作付後	6.3	10.3	2.28	0.19	12.0			測定中			

注) 乾土当たり

5. 経営評価

本試験においては、収穫物にかび毒が検出されたため、収益はゼロであった。他の輪作作物との収益性を比較したものが表6である。子実用トウモロコシは収量800kg/10a程度で大豆と同等の収益性であると考えられた。このため、小麦、大豆と並ぶ輪作作物として定着するには、湿害や虫害の対策技術を確立し、収量向上、かび毒防止を実現するほか、地域の畜産農家とのマッチングを促進し、高単価の取引先を確保する等の取組が必要であると考えられた。

表6 各作目の収益性比較

項目	子実用トウモロコシ	小麦	大豆
単価(円/kg)	35	35	160
収量(kg/10a)	800	540	120
生産物収入(円/10a)	28,000	18,900	19,200
水田活用の直接支払交付金(円/10a)	35,000	35,000	35,000
水田農業高収益化推進助成(円/10a)	10,000	-	-
ゲタ対策(円/10a)	-	53,370	18,860
計(円/10a)	73,000	107,270	73,060
防除	除草剤2回 殺虫剤1~2回	除草剤2回 殺菌剤2回	除草剤2回 殺虫剤1回
追肥	0~1回	1~2回	0回

6. 利用機械評価

湿害が発生しやすい水田において、収量確保には畝立播種が極めて有効であると考えられた。収穫機は高い作業性を有し、収穫ロスも少なかった。県内で唯一子実用トウモロコシ作に取り組んでおり、同収穫機を有する農家は、つる性の雑草が多いほ場では詰まってしまうものの、雑草のないほ場では高い作業性を発揮できると評価した。

7. 成果の普及

本試験は、県内で子実トウモロコシ作に取り組む1法と情報交換しつつ実施した。また、県内水田作農家が集まる場において、試験の取り組みを紹介した。今後は、試験結果を子実用トウモロコシ作に興味を持つ水田作農家に向け発信していく。

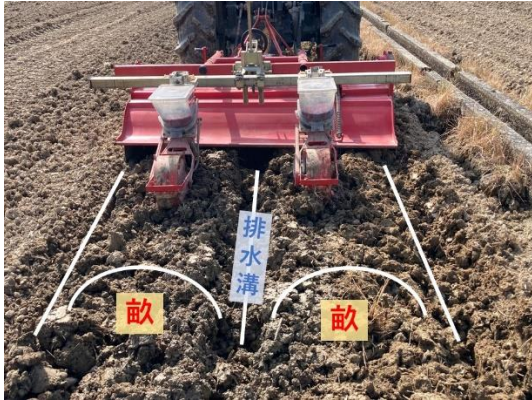
8. 考察

水田輪作において、子実用トウモロコシ作が定着するには、単収800kg/10a程度必要であると考えられた。収量確保には、畝立播種、緩効性肥料の活用が有効であると考えられ、800kg/10aの単収を得るには、窒素吸収量が16kg/10a程度必要であると推察された。また、収量低下、収穫物のかび毒汚染を防ぐため、アワノメイガの防除は必須であり、高い効果が得られる防除方法の検討が必要であると考えられた。その他鳥獣害についても、地域に合わせて対策を講じる必要があると考えられた。

9. 問題点と次年度の計画

- ・6月播種体系(水稻-小麦-子実用トウモロコシ体系)の検討
- ・アワノメイガ防除法の検討
- ・畝立播種、緩効性肥料を組み合わせた栽培法の検討

10. 参考写真



畝立播種の様子



降雨後の畝立播種区



カラスの食害 (種子、出芽个体)



葉巻の様子



アワノメイガの食害 (茎、子実)



収穫作業の様子



キツネの食害 (子実)



収穫物