

委託試験成績（令和6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4月から令和7年3月末日まで、継続
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く、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いまだ高い。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「水稻一子実用トウモロコシ」、および「水稻一小麦一子実用トウモロコシ」体系の栽培法を確立するため、播種法、施肥法、殺虫剤散布方法を検討する。
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B7, B8 計20a

2. 試験方法

(1)供試機械名

- ・ジェットシーダ（タカキタ JS4108）
- ・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）
- ・鉄砲ノズル（ヤマホ工業 伸縮切替畦畔 CPPS タイプ15型）
- ・農業用ドローン（ヤンマー T10）

(2)供試作物

子実用トウモロコシ P1204 (RM110) (バイオニア)

(3)試験区構成

①省力畝立播種法の検討（3区）

「水稻一小麦一子実用トウモロコシ」体系では、播種が梅雨時期となるため、少ない晴天でも作業可能で、湿害による出芽不良を回避できる播種法として、小麦刈跡の不耕起ほ場への畝立播種を検討する。試験区構成は表1のとおり。

表1 試験区構成（試験①）

試験区	播種機	播種作業					
		対照	ジェットシーダ	堆肥・基肥施用	ロータリー耕	碎土・整地	→播種
畝立	畝立播種機			堆肥・基肥施用	→ ロータリー耕	碎土・整地	→ 畝立播種
省力畝立	畝立播種機			堆肥・基肥施用	→ 畝立播種		

注) 肥料は尿素とLP70を窒素成分で2:1となるように混ぜたものを全量基肥施用 (22kgN/10a)

②収量確保に適した全量基肥施肥法の検討（4区）

収量確保に適した施肥法を明らかにするため、施肥量、および溶出期間の異なるリニア型被覆尿素（40日タイプ、70日タイプ）を比較する。試験区構成は表2のとおり。

表2 試験区構成（試験②）

試験区	肥料	施肥窒素量		
		kgN/10a	kgN/10a	kgN/10a
LP70（対照）	尿素+LP70	14.7	7.3	22
増肥LP70	尿素+LP70	20	10	30
LP40	尿素+LP40	14.7	7.3	22
増肥LP40	尿素+LP40	20	10	30

注) 播種は畝立播種機を使用

③殺虫剤散布方法の検討（3 区）

アワノメイガ防除として雄穂抽出期～絹糸抽出期におけるクロラントラニリプロール水和剤の 2 回散布を慣行とし、高い防除効果が得られる散布方法を検討する。試験区構成は図 1 のとおり。



図 1 試験区構成（試験③）

散布量は 10a あたり。鉄砲ノズルは
図左側の畦畔を歩きながら散布

(4) 耕種概要

2024 年 6 月 8 日：牛ふん堆肥（3t/10a 現物）

6 月 11 日：基肥施用、ロータリー耕

6 月 12 日：バーチカルハローによる碎土・整地

6 月 14 日：播種・除草剤散布

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

6 月 22 日：出芽期

7 月 5 日：除草剤散布

7 月 23 日：生育調査

8 月 6 日：殺虫剤散布（1 回目）*2

8 月 7 日：雄穂抽出期

8 月 14 日：絹糸抽出期

8 月 21 日：殺虫剤散布（2 回目）

10 月 24 日：収穫期

*1 7 月 18 日～8 月 19 日の期間、降雨が少なく、干ばつ害（葉巻、下葉の枯れ上がり）が確認されたため、7 月 23 日、8 月 1 日、14 日の 3 回、水位が株元の高さになるまで入水した後、すぐ落水した。

*2 農業用ドローンを飛ばせなかつたが、アワノメイガの発生がみられたため、全区鉄砲ノズルで散布した（2000 倍[200L]）

(5) 調査項目

土壤調査、苗立数、生育調査（草丈、茎数、稈長、着雌穂高、倒伏）、子実重（水分 15%換算値）、窒素吸収量、虫害発生率（連続 50 株×3 反復）、薬液付着率（各区 9 地点に雄穂高、雌穂高、株元 50cm の 3 枚ずつ感水紙を設置。「ImageJ」で感水紙の画像を 2 値化し、変色した割合を算出。）、かび毒、経営評価

3. 試験結果

(1) 栽培期間中の気象条件

栽培期間中の気温と降水量の推移を図 2 に示す。播種直後の 6 月中旬～6 月下旬、7 月中旬は降雨日が多く、ジェットシーダで播種した区では湿害による著しい生育停滞が観察された。畝立播種、省力畝立播種では降雨後の株元の地表面の排水が早く、湿害の程度は対照区より軽度であった。7 月 18 日～8 月 19 日は降雨がほとんどなく、干ばつとなり全区で乾燥による葉巻、下葉の枯れ上がりが同程度観察された。

(2) 省力畝立播種法の検討（試験①）

結果を表 3 に示す。本年は出芽が良好で苗立ち本数に差はなかった。生育初期の草丈は畝立区、省力畝立区の草丈が有意に高く、葉色も濃い傾向であった。これら 2 区では畝立により湿害による生育抑制が対照区より軽減されたと考えられた。収穫期では、全ての項目において、省力畝立区が最も優れる結果となった。また、畝立区の子実重は有意差が認められなかつたが、対照より多い傾向であった。畝立区、省力畝立区の子実重が対照区より増加傾向となつたのは、排水性に優れ、湿害を軽減できたためであると考えられた。畝立区の生育、

子実重が省力畠立区よりやや劣ったのは、①畠立区がほ場の中央部に位置し、ほ場外縁の排水溝への距離が長く、排水が不利な条件であったこと、②播種時の土壤水分が不耕起状態より高く、播種作業により土の練り込みが生じ、根圏の通気性が悪化したこと等が要因として考えられた。以上のことから、畠立播種は水田における子実用トウモロコシ作の湿害軽減に有効であり、不耕起の小麦刈跡ほ場に実施することで省力的に栽培可能であると考えられた。

(3) 収量確保に適した全量基肥施肥法の検討（試験②）

結果を表4に示す。本年は出芽が良好で苗立ち本数に差はなかった。生育初期の草丈、葉色、および雄穂抽出期の窒素吸収量に有意な差は認められなかつたが、増肥により窒素吸収量が多くなる傾向であった。収穫期では、稈長を除く全ての項目において、有意差は認められなかつたが、増肥により各項目の値が大きくなる傾向であった。子実重はLP40で多くなる傾向であったが、有意差は認められなかつた。子実用トウモロコシは幼穂形成期の7~8葉期から、雌穂の粒列数が決定して稈が急激に伸び始める9~10葉期にかけての養分吸収が収量に大きく影響する。本試験における7~8葉期は播種後35日頃、9~10葉期は播種後45日頃であり、これらの期間に吸収できる窒素成分は肥料の溶出期間からLP40の方が多いと考えられたが、雄穂抽出期時点の窒素吸収量に差はなかつた。これは湿害や干ばつにより養分吸収が阻害されたためであると考えられた。以上のことから、子実用トウモロコシの生育・子実重はリニア型肥料の溶出期間、および増肥に影響されうると考えられたが、湿害や干ばつ害等、気象により強く影響されると考えられ、本試験の結果からは判然としなかつた。

(4) 殺虫剤散布方法の検討（試験③）

各地点の感水紙の薬液付着率を図3に示す。鉄砲ノズル[300L]ではほぼ全ての地点で高い付着率となつたが、鉄砲ノズル[100L]では付着率が低い地点がみられた。一方、農業用ドローンは散布液量が2L/10aと少なかつたため、全面的に付着率が低かつた。収穫期の虫害発生率は鉄砲ノズル[100L]で有意に高くなつた（表5）。鉄砲ノズル[100L]は薬液付着率が低い地点があつたことから、これは散布量が少なくなった地点を中心に虫害の発生が多かつたためと考えられた。一方、農業用ドローンは全面的に薬液付着率が低かつたが、鉄砲ノズル[300L]と同等の高い防除効果が確認された。子実重は、鉄砲ノズル[100L]、鉄砲ノズル[300L]、農業用ドローンの順に多くなつた（表5）。農業用ドローン区が突出して多くなつたのは、B8ほ場がB7ほ場より排水性に優れ、湿害の影響が小さかつたためであると考えられた。収穫物のかび毒は鉄砲ノズル[100L]でアフラトキシン類が検出された（表2）。これは、アワノメイガの食害跡にかび毒産生菌が入り込んだためであると考えられた。かび毒検出は飼料価値を失うため、鉄砲ノズル[100L]散布による防除は不十分であると考えられた。以上のことから、子実用トウモロコシ作におけるアワノメイガ防除は、鉄砲ノズル[300L]散布、または農業用ドローンによる散布が有効と考えられた。ただし、鉄砲ノズルは散布可能距離の範囲で有効である。

4. 主要成果の具体的データ

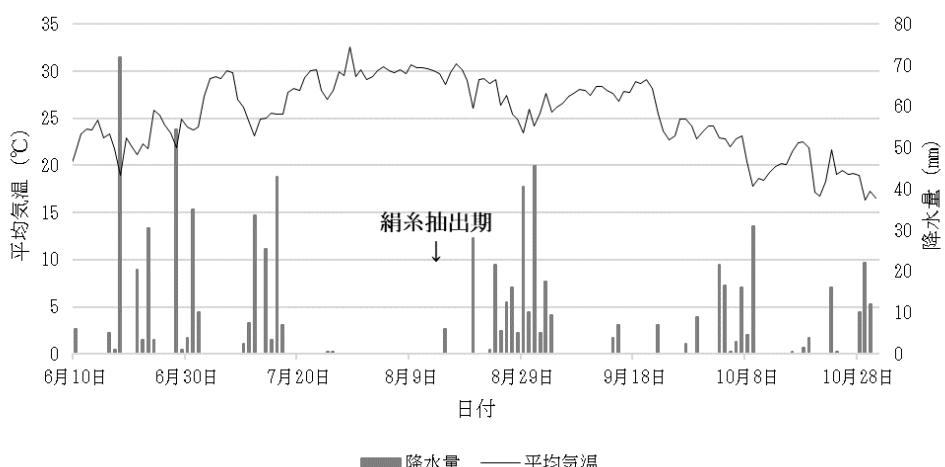


図2 試験期間中の気象推移

表3 各区の生育・収穫物調査結果（試験①）

試験区	苗立 本数	7月23日			収穫期（10月24日）					
		草丈 cm	葉色 SPAD	稈長 cm	雄穗長 cm	雌穗長 cm	着雌穗高 kg/10a	子実重 kg/10a	窒素吸収量 0-5	
対照	8000	80 ^b	31.6 ^b	128 ^b	11.1 ^b	45 ^b	329 ^b	7.0 ^b	0	
畝立	8000	110 ^a	36.5 ^{ab}	132 ^b	12.0 ^{ab}	50 ^{ab}	423 ^{ab}	9.4 ^{ab}	0	
省力畝立	8000	121 ^a	37.6 ^a	156 ^a	13.4 ^a	58 ^a	513 ^a	11.4 ^a	0	

注) 倒伏は0(無)-5(甚)の6段階評価。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4 各区の生育・収穫物調査結果（試験②）

試験区	苗立 本数	7月23日			雄穗抽出期（8月13日）		収穫期（10月24日）				
		草丈 cm	葉色 SPAD	窒素吸収量 kg/10a	稈長 cm	雄穗長 cm	雌穗長 cm	着雌穗高 kg/10a	子実重 kg/10a	窒素吸収量 0-5	
LP70（対照）	8000	110 ^a	36.5 ^a	2.7 ^a	132 ^b	12.0 ^a	50 ^a	423 ^a	9.4 ^a	0	
施肥LP70	8000	119 ^a	34.6 ^a	3.5 ^a	146	12.4 ^a	58 ^a	476 ^a	10.3 ^a	0	
LP40	8000	114 ^a	34.6 ^a	2.9 ^a	146	13.0 ^a	56 ^a	488 ^a	10.5 ^a	0	
施肥LP40	8000	125 ^a	39.2 ^a	3.2 ^a	157 ^a	13.1 ^a	58 ^a	500 ^a	11.0 ^a	0	

注) 倒伏は0(無)-5(甚)の6段階評価。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5 各区の虫害・収穫物調査結果（試験③）

試験区	収穫期		
	虫害発生率 %	子実重 kg/10a	かび毒
鉄砲ノズル[100L]	20 ^b	485 ^b	アフラトキシン類
鉄砲ノズル[300L]	9 ^a	513 ^b	無検出
農業用ドローン	8 ^a	663 ^a	無検出

注) 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。

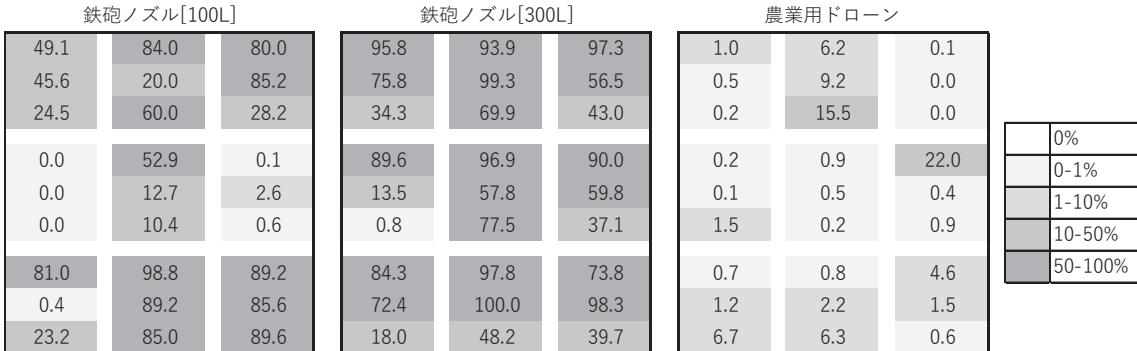


図3 各区の感水紙の薬液付着率（試験③）

各地点上から雄穗高、雌穗高、株元50cmの値。鉄砲ノズルは左側から散布。

5. 経営評価

他の輪作作物との収益性を比較したものが表6である。子实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。本試験における子実収量は329~663kg/10aであり、また、防除不十分の地点では収穫物にかび毒が検出されたため、収益の観点からは大豆作との置き換えは困難と考えられた。一方、子实用トウモロコシ作に取り組む県内農業法人への聞き取りでは、単純収支ではなく、労務管理、地域貢献、土壤改良等、経営全体を通じたメリットを探りながら取り組んでいるとの意見を得た。このため、子实用トウモロコシを小麦、大豆と並ぶ輪作作物として定着させるには、栽培技術の改良や耕畜連携の推進に加え、多方面でのメリットをPRしていく必要があると考えられた。

表6 各作目の収益性比較

項目	子实用トウモロコシ	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	除草剤2回	除草剤2回
追肥	殺虫剤1~2回	殺虫剤2回	殺虫剤1回
	0~1回	1~2回	0回

6. 利用機械評価

鉄砲ノズルの10aあたりの作業時間（給水から散布終了まで）が約13分（100L散布）、32分（300L散布）であったのに対し、農業用ドローンは約3分であった。十分な防除効果が確認されたことから、子実用トウモロコシ作におけるアワノメイガ防除には農業用ドローンによる殺虫剤散布が最も適すると考えられた。

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法人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

愛知県の水田輪作において、子実用トウモロコシは4~5月の春播き（「水稻一子実用トウモロコシ」）体系、6~7月の夏播き（「水稻一子実用トウモロコシ」）体系いずれの作型でも完熟まで至ったため、作付可能であると考えられた。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、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（図4）。トウモロコシは湿害で養分吸収が著しく阻害されるため、収量確保には、畝立播種等の排水対策を徹底するほか、排水性の高いほ場を選択し、十分な窒素吸収量を確保する必要があると考えられた。また、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、防除効果、省力性の観点から農業用ドローンを用いた防除を実施すべきと考えられた。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

なし

10. 参考写真



畝立播種の様子



降雨後の畝立播種区



入水の様子



葉巻の様子

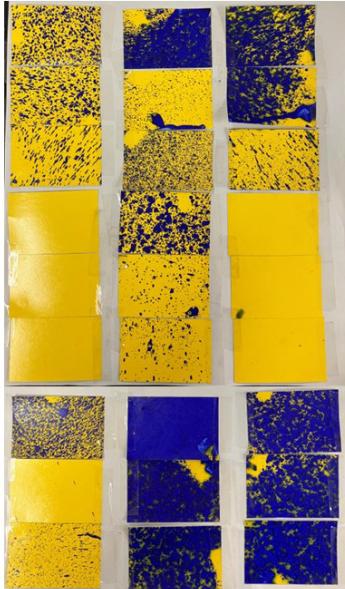


鉄砲ノズル散布の様子

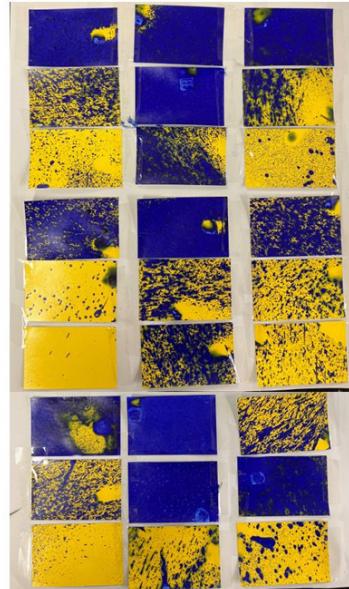


ドローン散布の様子

鉄砲ノズル[100L]



鉄砲ノズル[300L]



農業用ドローン



感水紙の様子