

委託試験成績（令和6年度）

| | |
|---------------|---|
| 担当機関名 部・室名 | 地方独立行政法人青森県産業技術センター農林総合研究所 スマート農業推進室 |
| 実施期間 | 令和6～7年度【新規】 |
| 大課題名 | III 環境保全を配慮した生産技術の評価・確立 |
| 課題名 | 水稻移植栽培における高栽植密度での雑草の機械防除技術の検証 |
| 目的 | <p>みどりの食料システム戦略では化学農薬の使用量50%削減、有機農業の取組面積割合の25%への拡大が掲げられている。</p> <p>水稻作での機械除草体系では、両正条田植機により条間と株間を同じ距離(30cm)とし、除草機が作業しやすい移植条件とする技術が開発中である(農研機構, 2022)。しかし、両正条田植機では栽植密度が37株/坪の疎植栽培となり、寒冷地である東北地方では初期生育が確保できずに減収するリスクがある。</p> <p>そこで、栽植密度を140株/坪まで増やし、株間8cmとした高栽植密度の移植栽培で、次の検証を行う。</p> <p>試験I 高栽植密度(140株/坪)の機械除草体系の検証 140株/坪による高栽植密度の移植栽培での作業性、雑草の抑草効果、水稻の生育を検証する。</p> <p>試験II 高栽植密度の移植が可能な密苗対応田植機の最適植付本数の検証 140株/坪では育苗箱の増加が予想されるため、使用数の削減を目的に、高栽植密度の移植が可能な密苗対応田植機で、140株/坪とするために必要な移植時の植付本数を検証する。</p> |
| 担当者名 | 地方独立行政法人青森県産業技術センター 農林総合研究所 主任研究員 千葉 祐太 |
| 1. 試験場所 | <p>試験I 農林総合研究所内水田、約36a、前作：水稻(移植栽培)</p> <p>試験II 農林総合研究所内水田、約5a、前作：水稻(移植栽培)</p> |
| 2. 試験方法 | <p>(1) 試験設定</p> <p>ア 試験I 高栽植密度での雑草の抑草効果と機械除草への適用を検証するため、除草剤は使用しない。ただし、病害虫などによる水稻生育への影響を排除するため、化学防除は行い、施肥も化成肥料を用いる。</p> <p>イ 試験II 移植時の植付本数の検証とその後の生育を評価するため、除草剤も使用する。</p> <p>(2) 供試機械名 高栽植密度による移植が可能な密苗対応田植機(8条)</p> <p>ア 高栽植密度移植の機能はヤンマー・アグリジャパン株の改造機であり、試作段階のため、市販のものには装備されていない。</p> <p>イ 移植精度を向上させるため、自動直進機能が付与されている田植機を使用した。</p> <p>(3) 試験条件</p> <p>●試験I、II共通</p> <p>ア 供試品種：「まっしぐら」</p> <p>イ 育苗 播種日：5月2日 播種量：乾糲250g/箱(密苗) 育苗方法：置床被覆育苗(育苗ハウス) 種子消毒：化学防除</p> <p>ウ 基肥：8.0Nkg/10a(基肥一発型)</p> <p>エ 耕起：5月5日</p> <p>オ 植代日：5月16日(移植6日前)</p> <p>カ 移植日：5月22日</p> <p>キ 病害虫防除：カメムシ類(8月7日)、穂いもち(7月26日)を化学防除</p> |

◎試験 I

ア 試験区 以下の株当たりの植付本数は4～5本

(ア) 140株：栽植密度 140株/坪 (42.4株/m²)、条間30cm×株間 8cm

(イ) 70株：“ 70株/坪 (21.2株/m²)、条間30cm×株間 16cm

(ウ) 50株：“ 50株/坪 (15.2株/m²)、条間30cm×株間 22cm

イ 追 肥：2.0 Nkg/10a (硫安を農業用マルチローターで散布、7月12日)

ウ 機械除草 除草機：8条用牽引式水田除草機 (キュウホー社製)

8条田植機に装着し使用、条間と株間の除草に対応除草時期

1回目：5月29日 (移植7日後)

2回目：6月10日 (移植20日後、1回目から13日後)

3回目：6月25日 (移植34日後、2回目から14日後)

エ 調査項目

(ア) 作業性：移植時の作業時間、使用育苗箱数、栽植密度など

(イ) 雑草調査：機械除草前の発生状況、移植44日後の発生草種、本数、風乾重

(ウ) 水稻生育：移植から最高分けつ期までの草丈、m²当たり茎数、生育ステージ、収量、収量構成要素、玄米品質、その他生育障害など

○試験 II

ア 試験区 以下の田植機の栽植密度の設定値は全て140株/坪

(ア) 2～3本：植付時本数2～3本/株

(イ) 4～5本：植付時本数4～5本/株

(ウ) 7～8本：植付時本数7～8本/株

イ 調査項目

水稻生育：移植から最高分けつ期までの草丈、m²当たり茎数、生育ステージ、収量、収量構成要素、玄米品質、その他生育障害など

3. 試験結果

◎試験 I

(1) 移植の作業性など (表1)

移植時の苗の生育は草丈16.5cm、葉齢2.2葉、充実度0.83mg/cmだった。

140株では作業速度が1.7km/hで他の70、50株より遅かった。これは、140株では移植時の植付爪の回転を速めており、田植機の作業速度を速めると回転の負荷が大きくなることに加え、欠株の発生リスクが高まるため、作業速度を遅くしたことが要因だった。また、移植作業中に140株のみ苗補給をした。140株での移植の作業時間は29.8分/10aで50株の148%、70株は20.0分で99%であり、140株が最も長かった。

使用箱数は140株が23.3、70株は11.5、50株は8.4箱/10aで、140株が最も多かった。

栽植密度の実測値は、140株が146.2株/坪で設定値の+6.2、70株は68.6株/坪で-

1.4、50株は48.8株/坪で-1.2だった。

(2) 機械除草の作業性など (表2、3)

機械除草は3回行い、1回目は50株→70株→140株、2回目は140株→50株→70株、3回目は70株→140株→50株の順番で行った。機械除草の作業時間は、全回とも最初に行つた区が最も長かった(表2)。3回の平均では140株が18.7分/10a、70株と50株が18.6分/10aで同程度だった(表2)。

機械除草3回終了の株数は、直進部分で140株が136.4株/坪で欠株率6.7%、70株が65.1株/坪で5.1%、50株が45.1株/坪で7.6%、旋回部分は140株が63.8株/坪で欠株率56.4%、70株が11.0株/坪で84.0%、50株が14.3株/坪で70.7%だった(表3)。また、100×10mの10a圃場を想定した場合の圃場全体では、140株が132.9株/坪で欠株率9.1%、70株が62.5株/坪で8.9%、50株が43.6株/坪で10.6%だった(表3)。50株で欠株率が大きかったのは、移植時に直進性が劣ったことで条間が一定ではない地点があり、この地点で除草機による損傷を受けたためであった。

(3) 除草効果（表4、5）

機械除草時の雑草の葉齢進展は全区でほぼ同様だったが、ノビエの3回目のみ140株が5.2葉で他の2区よりも2.2葉少なかった（表4）。移植後44日の残草状況は、140株が合計のm²当たり発生本数及び風乾重が対照の50株と比較し、それぞれ24%及び25%と少なく、70株と比較しても少なかった（表5）。

(4) 水稲生育（図1、2、3、表6、7）

生育期間中の140株の草丈は、7月1日～10日で50、70株より長かったが、成熟期の稈長は短かった（図1）。m²当たり莖数は、140株が他の2区よりも大幅に多く推移し、成熟期のm²当たり穂数も多かった（図2）。幼穂形成期頃の葉色値は50株>70株>140株の順に高く、50株と140株で約10ポイントの差があった（図3）。140株の葉色値が低かったため、全区に追肥（2Nkg/10a）を行った。

生育ステージは140株で他の区より1～2日早かった（表6）。収量構成要素は140株では70、50株よりも一穂粒数が少ないが穂数が多いため、m²当たり粒数が多く、また登熟歩合は低かったが、千粒重が同じであった（表6）。精玄米重は62.7kg/aで70株の57.1kg/a、50株の58.9kg/aより多収だった（表6）。倒伏程度は140株が1.5で70株の0.8、50株の0.5より高かった（表6）。

検査等級は全区で落等し、要因はカメムシ類による着色で、着色がない場合は1等米の評価だった（表7）。玄米品質について、140株では青未熟粒が多いもののその他未熟粒と部分着色粒が少なく、整粒歩合が84.5%で最も高かった（表7）。また、その他の病害虫の発生は認められなかった。

○試験II

(1) 栽植密度（図4）

栽植密度の実測値は2～3本が115.5株/坪、4～5本が139.4株/坪、7～8本が140.3株/坪で、4～5本/株以上の植付本数で140株に近い値となった。2～3本では移植時に田植機の植付爪で苗を摑めない場合があり、欠株の発生に繋がった。

(2) 水稲生育（図5、6、表8）

生育期間中の草丈と成熟期の稈長は全区で同程度だった（図5）。m²当たり莖数とm²当たり穂数は7～8本>4～5本>2～3本の順に多かった（図6）。生育ステージは2～3本が他の区よりも幼穂形成期と出穂期が1日遅く、成熟期は同等であった（表8）。

精玄米重は7～8本（55.5kg/a）>4～5本（53.7kg/a）>2～3本（52.1kg/a）の順に多く、7～8本ではm²当たり穂数及びm²当たり粒数が最も多かった（表8）。倒伏程度に区間差はなく、整粒歩合も大きな差がみられず、全て1等米だった（表8）。

4. 主要成果の具体的データ

表1 【試験I】移植作業時間など

| | 140株 | 70株 | 50株(対照) |
|------------------|-------------|-------------|-------------|
| 作業速度(km/h) | 1.7 | 3.5 | 3.5 |
| 苗補給(移植前、1回) | 2.6 | 2.6 | 2.6 |
| 苗補給(移植中、2回) | 2.4 | - | - |
| 作業時間 (分/10a) | 18.9 3.0 | 11.9 2.6 | 11.8 2.9 |
| 小計(①) | 26.9 | 17.1 | 17.3 |
| 自動直進経路作成(②) | 2.9 | 2.9 | 2.9 |
| ①+② | 29.8 | 20.0 | 20.2 |
| 対照比 | 148 | 99 | (100) |
| 使用苗箱数 (箱/10a) | 23.3 | 11.5 | 8.4 |
| 対照比 | 277 | 137 | (100) |
| 栽植密度の (株/坪) | 146.2 | 68.6 | 48.8 |
| 実測値 機械設定値差 | +6.2 | -1.4 | -1.2 |

表2 【試験I】機械除草時間

| 機械除草回数 | | 140株 | 70株 | 50株(対照) |
|---------|------------|------|------|---------|
| 1回目 | 除草作業順番 | ③ | ② | ① |
| | 作業速度(km/h) | 2.1 | 2.3 | 2.2 |
| | 進入 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| 機械除草 | 除草作業 | 11.7 | 10.7 | 12.3 |
| | 旋回 | 3.7 | 3.8 | 4.2 |
| 時間 | その他 | 0.2 | 0.7 | 0.5 |
| (分/10a) | 脱出 | 0.2 | 0.2 | 0.2 |
| | 小計(①) | 16.7 | 16.3 | 18.0 |
| 2回目 | 除草作業順番 | ① | ③ | ② |
| | 作業速度(km/h) | 1.7 | 1.8 | 2.2 |
| | 進入 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| 機械除草 | 除草作業 | 14.1 | 13.9 | 13.1 |
| | 旋回 | 4.1 | 3.8 | 4.4 |
| 時間 | その他 | 0.7 | 0.7 | 0.4 |
| (分/10a) | 脱出 | 0.3 | 0.3 | 0.3 |
| | 小計(②) | 19.9 | 19.4 | 19.0 |
| 3回目 | 除草作業順番 | ② | ① | ③ |
| | 作業速度(km/h) | 1.8 | 1.6 | 2.0 |
| | 進入 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| 機械除草 | 除草作業 | 13.4 | 14.4 | 13.7 |
| | 旋回 | 4.9 | 4.9 | 4.1 |
| 時間 | その他 | 0.5 | 0.1 | 0.2 |
| (分/10a) | 脱出 | 0.3 | 0.3 | 0.3 |
| | 小計(③) | 19.6 | 20.1 | 18.7 |
| | ①、②、③の平均 | 18.7 | 18.6 | 18.6 |
| | (対照比) | 101 | 100 | (100) |

注 作業時の水深は1回目が4.7cm、2回目が8.5cm、3回目が8.0cm

表3 【試験I】機械除草終了後の欠株率

| | | 140株 | 70株 | 50株(対照) |
|---------|----------------|-------|------|---------|
| 移植時 | 株数(株/坪) | 146.2 | 68.6 | 48.8 |
| | 株数(株/坪) | 136.4 | 65.1 | 45.1 |
| 機械除草 | 直進部分 欠株率(%) | 6.7 | 5.1 | 7.6 |
| | 面積比率(%/10a) | 95.2 | | |
| 3回目 | 旋回(枕地) 株数(株/坪) | 63.8 | 11.0 | 14.3 |
| 終了後 | 部分 欠株率(%) | 56.4 | 84.0 | 70.7 |
| | 面積比率(%/10a) | 4.8 | | |
| 圃場(10a) | 株数(株/坪) | 132.9 | 62.5 | 43.6 |
| | 全体 欠株率(%) | 9.1 | 8.9 | 10.6 |

注 面積比率は $100 \times 10m = 10a$ の圃場を想定し、旋回部分が1行程の2.4mが短辺の

畦畔の両側にあるとして、 $2.4m \times \text{両辺} 2 / \text{長辺} 100m = 4.8\%$ とした。

表4 【試験I】機械除草時の雑草の葉齢

| 機械除草回数 | ノビエ | | | ホタルイ | | | コナギ | | | アゼナ | | |
|---------|-----|-----|-----|------|-----|----------|-----|-----|-------|-----|-----|-----|
| | 1回目 | 2回目 | 3回目 | 1回目 | 2回目 | 3回目 | 1回目 | 2回目 | 3回目 | 1回目 | 2回目 | 3回目 |
| 140株 | 始 | 3.0 | 5.3 | 2.0 | 3.3 | 花茎 28 cm | 始 | 1.5 | 舟形葉 2 | 前 | 2 | 4 |
| 70株 | 始 | 3.1 | 7.5 | 2.0 | 3.3 | 花茎 29 cm | 始 | 1.4 | 舟形葉 2 | 前 | 2 | 4 |
| 50株(対照) | 始 | 3.2 | 7.5 | 2.0 | 3.1 | 花茎 24 cm | - | - | - | 前 | 2 | 4 |

表5 【試験I】雑草の残草状況

| | ノビエ | | タマガヤツリ | | コナギ | | 他一年生 広葉 | | ホタルイ | | 合計 | | |
|---------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|-------|
| | 本数 (本/m ²) | 風乾量 (g/m ²) | 対照比 |
| 140株 | 4 | 7.9 | 20 | 1.7 | 4 | 0.6 | 1.5 | 1 | 0.4 | 29 | 24 | 12.1 | 25 |
| 70株 | 20 | 19.7 | 185 | 11.9 | 5 | 0.5 | 5.4 | 51 | 17.3 | 261 | 215 | 54.7 | 113 |
| 50株(対照) | 16 | 21.6 | 85 | 15.5 | 0 | 0.0 | 3.9 | 20 | 7.3 | 121 | (100) | 48.3 | (100) |

注 調査日:2024年7月5日(移植後44日)

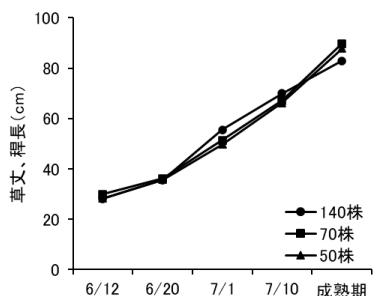


図1【試験I】草丈、稈長
注 成熟期は稈長(図5同様)

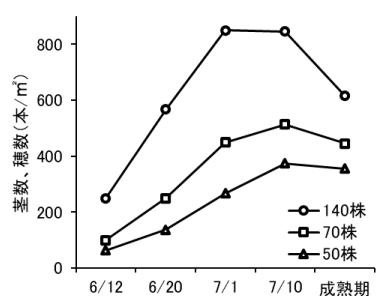


図2【試験I】茎数、穗数
注 成熟期は穗数(図6同様)

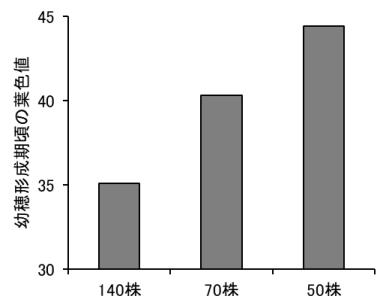


図3【試験I】幼穂形成期頃の葉色値
注 SPAD-502の測定値

表6【試験I】収量、収量構成要素など

| 試験区 | 幼穂形成期 | 出穂期 | 成熟期 | 稈長 | 穗長 | 穗数 | 一穂粒数 | m^2 粒数 | 全重 | 千粒重 | 登熟歩合 | 精玄米重 | 倒伏程度 |
|---------|-------|-----|------|------|------|----------|------|-----------|-------|------|------|------|------|
| | 月/日 | 月/日 | 月/日 | cm | cm | 本/ m^2 | 粒/穂 | 百粒/ m^2 | kg/a | g | % | kg/a | |
| 140株 | 7/10 | 8/2 | 9/19 | 83.0 | 16.6 | 615 | 57.7 | 354 | 176.5 | 23.2 | 78.7 | 62.7 | 1.5 |
| 対照比・差 | 2日早 | 2日早 | 1日早 | 95 | 83 | 159 | 67 | 106 | 109 | 100 | -5.3 | 106 | +1.0 |
| 70株 | 7/11 | 8/3 | 9/20 | 89.8 | 19.1 | 444 | 73.2 | 326 | 159.1 | 23.3 | 83.2 | 57.1 | 0.8 |
| 対照比・差 | 1日早 | 1日早 | 同日 | 102 | 96 | 115 | 85 | 98 | 98 | 100 | -0.8 | 97 | +0.3 |
| 50株(対照) | 7/12 | 8/4 | 9/20 | 87.8 | 20.0 | 386 | 86.6 | 334 | 162.1 | 23.2 | 84.0 | 58.9 | 0.5 |

注1 精玄米重は1.9mm篩で選別した玄米重(水分15%換算)(表8同様)

2 千粒重と玄米タンパク質は水分15%換算(表8同様)

3 倒伏程度は0:無、1:微、2:少、3:中、4:多、5:甚とし、程度と面積に応じて算出した(表8同様)。

表7【試験I】検査等級と玄米品質

| 試験区 | 検査等級 | | 玄米タンパク質 | 整粒 | 胴割粒 | 乳白粒 | 基部未熟粒 | 腹白粒 | 青粒 | その他未熟粒 | |
|---------|------|------------------------|---------|------|------|------|-------|------|------|--------|------|
| | 等級 | 落等要因 | | | | | | | | % | % |
| 140株 | 2等 | カメムシ類による着色(着色なしであれば1等) | 7.0 | 84.5 | 0.1 | 3.9 | 1.4 | 0.7 | 1.7 | 7.1 | 0.1 |
| 対照差 | | | -0.4 | +3.8 | -0.6 | +0.1 | -0.5 | -0.2 | +0.9 | -2.6 | -0.4 |
| 70株 | 規格外 | 140株と同様 | 7.0 | 82.4 | 0.5 | 4.3 | 1.9 | 0.5 | 0.5 | 8.2 | 0.8 |
| 対照比・差 | | | -0.4 | +1.7 | -0.2 | +0.6 | +0.1 | -0.4 | -0.4 | -1.5 | +0.3 |
| 50株(対照) | 2等 | 140株と同様 | 7.4 | 80.7 | 0.7 | 3.7 | 1.9 | 0.9 | 0.8 | 9.7 | 0.5 |

注1 玄米タンパク質はInfratecNOVA(FOSS社)による水分15%換算値

2 整粒歩合などは穀粒判別機(サタケ社)による値(表8同様)

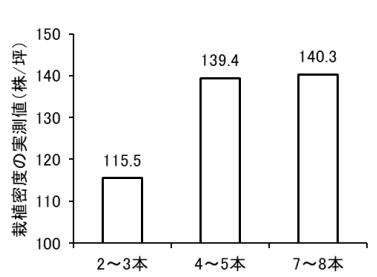


図4【試験II】栽植密度の実測値

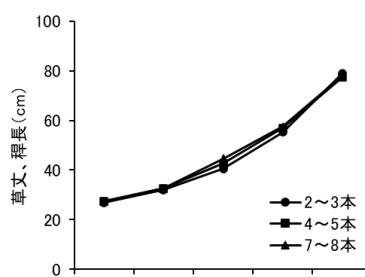


図5【試験II】草丈、稈長

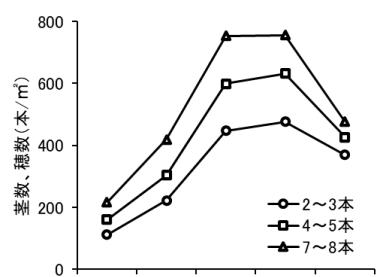


図6【試験II】茎数、穗数

表8【試験II】生育ステージ、収量、収量構成要素など

| 試験区 | 生育ステージ | | | 稈長 | 穗長 | 穗数 | 一穂粒数 | m^2 粒数 | 千粒重 | 登熟歩合 | 精玄米重 | 倒伏程度 | 整粒歩合 |
|------|--------|------|------|------|------|----------|------|-----------|------|------|------|------|---------|
| | 幼穂形成期 | 出穂期 | 成熟期 | cm | cm | 本/ m^2 | 粒/穂 | 百粒/ m^2 | g | % | kg/a | | % |
| 2~3本 | 7/8 | 7/30 | 9/17 | 78.9 | 18.8 | 370 | 65.6 | 241 | 23.2 | 85.8 | 52.1 | 0.1 | 1等 86.0 |
| 4~5本 | 7/7 | 7/29 | 9/17 | 77.4 | 17.5 | 427 | 56.6 | 241 | 23.2 | 88.7 | 53.7 | 0.1 | 1等 86.0 |
| 7~8本 | 7/7 | 7/29 | 9/17 | 78.1 | 17.1 | 476 | 52.5 | 250 | 23.1 | 85.9 | 55.5 | 0.1 | 1等 85.3 |

5. 経営評価

社会実装前の技術のため、利用経費を算出できず、経営評価はなしとした。

6. 利用機械評価

140 株/坪という高栽植密度による雑草の抑草効果が認められれば、みどりの食料システム戦略が掲げる KPI 達成のために有効な技術になると考えられる。

7. 成果の普及

社会実装前の技術のため、成果の普及はなし。ただし、9（1）に示す抑草効果の年次変動を確認できた場合に、ヤンマーアグリジャパン㈱と社会実装に向けて協議する。

8. 考察

（1）高栽植密度の作業性と抑草効果について

140 株では移植作業の時間が長いが、雑草の残草量が少なかった。これは、140 株という高栽植密度により株間を狭小にすることで、抑草効果が現れたためと考えられた。ただし、本年は 1 つの圃場を 3 区に分割した条件であるため、雑草の発生量に圃場内差があつた可能性を考慮し、年次変動を確認する必要がある。もし、抑草効果が年次変動なく現れる場合、手取り除草時間の削減に繋がり、移植時間の増加分を償却できると予想される。

（2）高栽植密度の収量について

140 株では、機械除草後でも 130 株/坪以上が残り、穗数の確保に繋がるため、精玄米重を確保しやすいと考えられる。しかし、本試験のように一発型肥料を用いても、幼穂形成期ごろに葉色が低下するため、追肥を必要とする栽培技術だと考えられる。なお、予備試験では 140 株を一発型肥料のみで栽培すると、70、50 株よりも 5 %程度、精玄米重が減少した（令和 5 年度試験成績概集、（地独）青森県産業技術センター農林総合研究所）。

（3）カメムシ類の被害について

本試験では化学防除したにも係わらずカメムシ類の被害で落等した。これは周囲の水田から、特にノビエが残草した本試験圃場にカメムシ類が集中したためと考えられ（隣接水田は 1 等米）、今後の有機栽培においても、大きな課題になる可能性が示唆された。

（4）高栽植密度の移植時の植付本数について

140 株では育苗箱の使用数の削減を目的に植付本数を検証したが、植付本数 2 ~ 3 本/株では移植時の植付爪で苗を掴めない場合があり、これが要因で 140 株/坪に到達しないため、4 ~ 5 本/株以上とする必要があった。

9. 問題点と次年度の計画

（1）高栽植密度（140 株/坪）による複数の圃場での抑草効果の検証

（2）高栽植密度（140 株/坪）での機械除草後の手取り除草時間の検証

10. 参考写真

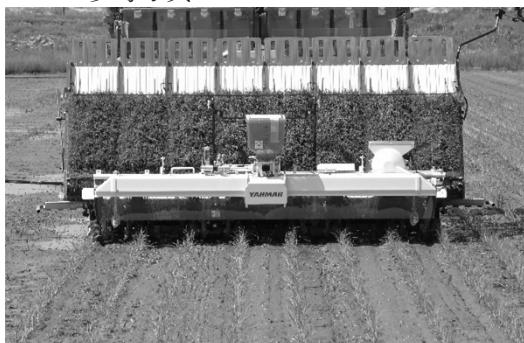


写真 1 高栽植密度（140 株/坪）の移植の様子

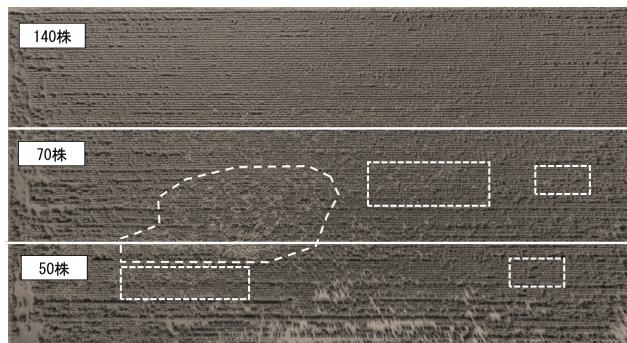


写真 2 出穂期 7 日後の圃場の空撮画像
白点線枠はノビエの多発地点