

委託試験成績（令和元年度）

| 担当機関名 部・室名 | 地方独立行政法人北海道立総合研究機構 中央農業試験場 生産研究部生産システムグループ | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|-------|-------|--------|-----|--------|----|------|-------|-------|-------|----|-------|-------|-------|-------|
| 実施期間 | 令和元年度から令和2年度まで、新規 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 大課題名 | I 大規模水田営農を支える省力・低コスト技術の確立 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 課題名 | 北海道における密苗による水稲移植作業能率向上効果の解明 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 目的 | 水稲栽培の省力化技術として直播栽培が広がる一方、良食味米の安定生産のため、移植栽培についても省力化が求められている。育苗箱あたりの播種量を慣行よりも増やした密苗は、苗箱数と育苗期間を削減可能な技術として、近年府県での導入が進んでいる。北海道の大区画水田においても移植作業能率の向上に有効と考えられるが、大区画での能率調査は不足しており、十分な知見が得られていない。本課題では北海道の大区画水田への導入に向けて、移植時の能率向上効果を解明する。 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 担当者名 | 吉田 邦彦 | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>1. 試験場所：夕張郡由仁町中三川 A氏圃場（典型湿性未熟黒ボク土）</p> <p>2. 試験方法</p> <p>同じ区画形状の2筆でそれぞれ密苗と中苗の移植を実施して作業能率を調査し、密苗による移植能率の向上効果を検討した。</p> <p>(1) 供試機型式 YR8D（条間33cm）※密苗専用機、慣行機とも同型式</p> <p>(2) 試験条件</p> <p>ア. 圃場条件</p> <p>面積108.2a（208×52m）×2筆（密苗、中苗とも同区画圃場）</p> <p>イ. 品種及び播種量</p> <p>品種：「ななつぼし」</p> <p>播種量及び播種日：中苗240ml/箱、4/25播種 密苗520ml/箱、5/1播種</p> <p>床土資材：自家調整（購入山土＋購入ピートモス）</p> <p>ウ. 作業日一覧</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>播種日</th> <th>代掻き日</th> <th>移植日</th> <th>坪刈り調査日</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>密苗</td> <td>5月1日</td> <td>5月17日</td> <td>5月22日</td> <td>9月20日</td> </tr> <tr> <td>中苗</td> <td>4月25日</td> <td>5月17日</td> <td>5月20日</td> <td>9月20日</td> </tr> </tbody> </table> <p>エ. 試験処理</p> <p>処理区：密苗移植、対照区：中苗移植</p> <p>オ. 作業人員</p> <p>作業者は移植機の2名と、圃場外に苗運搬要員の1名を配置し、合計3名で実施した。</p> <p>カ. 調査項目</p> <p>(1) 作業能率：作業開始から終了までの時間を計測し、内訳（植付、旋回、苗補給、停止、移動）の時間割合を求めた。作業速度は10m標柱の通過時間を1行程につき3点、密苗は16行程、中苗は20行程で測定し、平均を求めた。燃料消費量は満タン法で測定し、苗使用枚数は、終了後の苗残量から求めた。</p> <p>(2) 作業精度：移植後に株間を測定して平均株間と欠株率を求めた。植付け後の姿勢は4段階（90～60°、60～30°、30～0°、倒れ）に分類してゲージをあてて計測し、割合を求めた。また、</p> | | | 播種日 | 代掻き日 | 移植日 | 坪刈り調査日 | 密苗 | 5月1日 | 5月17日 | 5月22日 | 9月20日 | 中苗 | 4月25日 | 5月17日 | 5月20日 | 9月20日 |
| | 播種日 | 代掻き日 | 移植日 | 坪刈り調査日 | | | | | | | | | | | | |
| 密苗 | 5月1日 | 5月17日 | 5月22日 | 9月20日 | | | | | | | | | | | | |
| 中苗 | 4月25日 | 5月17日 | 5月20日 | 9月20日 | | | | | | | | | | | | |

植付け後の苗本数を株ごとにカウントし（各 112 株）、株あたりの本数を求めた。

3. 試験結果

(1) 乾籾播種量は中苗の 131g/箱に対し、密苗では 292g/箱と中苗の約 2.2 倍であった（表 1）。播種における一人 1 時間あたりの箱枚数は、密苗・中苗とも約 81 枚/人時であった（表 2）。また、中苗における一人 1 時間あたりのハウス箱並べ枚数は、約 78 枚/人時であった。

(2) 中苗では 4/25 の播種後速やかにハウスへ箱を並べ、育苗を開始した。密苗では 5/1 の播種後に育苗機（約 30℃）へ 3 日間収納した後、5/4 に中苗と同じハウスに並べ、その後は同じ管理とした。5/2 に被覆シートを剥がした後はハウス側面の開閉により日中 20～30℃で 5/14 まで管理し、夜間の最低温度が 10℃程度となった 5/15 以降は側面を全開とした（図 1）。出芽率は密苗・中苗とも約 82%であり、移植時の葉齢は密苗が 2.5 枚、中苗が 3.6 枚であった（表 3）。

(3) 移植時、密苗圃場の耕起深がやや深かった以外は 2 筆ともほぼ同様の圃場条件であった（表 4）。移植時のスリップ率が密苗圃場で 10%とやや高かった結果、株間が 12.1cm となり、栽植密度は密苗で 25.0 株/m²、中苗で 24.1 株/m²と密苗がわずかに密植となった（表 5）。掻き取り量の設定を密苗 9mm、中苗 11mm で実施したところ、株あたり本数は密苗 4.7 本、中苗 4.1 本と、密苗で 0.6 本多く、移植時における面積あたり苗本数は密苗 118 本/m²、中苗 99 本/m²と、密苗が約 2 割多くなった。植付け姿勢では、密苗中苗とも 90～60° の割合が 90%以上であり大きな違いはなかったが、中苗移植は強風条件下のため、倒れ苗が散見された（0.6%）。また浮き苗は認められず、移植精度に問題はなかった。

(4) 機械移植の総作業時間は、密苗が 166 分、中苗が 180 分であり、作業能率では密苗（0.39ha/h）が中苗（0.36ha/h）を 9%上回る結果であった（表 6）。苗箱使用数は、密苗が 14.9 枚/10a、中苗で 25.7 枚/10a であり、結果的に移植時の目標枚数（密苗 13 枚/10a 程度、中苗 30 枚/10a 程度）に対し、密苗では多く、中苗では少ない枚数での移植となった。作業時間の内訳をみると、苗補給時間、停止時間のいずれも中苗が長く、このうち停止時間は中苗移植時の強風による苗箱落下およびマットの詰まりへの対応であった（表 7）。補給回数は密苗（8 回）が中苗（11 回）よりも 3 回少なく、時間は 5.5 分短い結果であった。巡回時間は、長辺の移植行程数に密苗 20、中苗 21 と 1 行程の差があったため中苗圃場でわずかに（1.4 分）長くなった（中苗の 1 行程は 3 条のみの移植）。また、移植時間は密苗（114.9 分）と中苗（114.5 分）で差がなかった。停止及び移動を除いた作業能率は、密苗 0.41ha/h、中苗 0.39ha/h であり、主に補給時間の違いによって、密苗が中苗を 5%上回る結果であった。

(5) 播種～移植までの能率調査結果に基づく作業時間は、密苗が 7.02h/ha、中苗が 10.49h/ha であり、このうち機械移植での能率差による差は 0.12h/ha と、全体に占める効果としては小さかった。本試験での苗箱使用量は、移植時の想定に対して密苗で多く、中苗で少なかったため、補給回数の増減が生じて能率差が縮小したと考えられる。想定どおりの苗箱使用数であれば、補給回数は密苗で 7 回、中苗では 13 回と想定され、密苗での移植作業能率は中苗の 13%増程度となり、作業時間の差は 0.32h/ha になると考えられた（表 8）。

(6) 9/18 に降雨があり、これによって密苗圃場のみで倒伏が生じた。上記（3）のとおり、本試験では密苗圃場における面積あたり苗本数が中苗の約 2 割増となったことで、倒伏しやすい状態であったことが推察された。

(7) 刈りは 9/20 に、やや未熟の状態で行った。密苗と中苗の玄米組成を比較すると密苗の粒大が小さく、精玄米重は中苗比 96 とやや低収であった。密苗の青米割合が中苗よりも高かったことから、密苗と中苗に熟期差があり、組成と収量に影響したと考えられた（表 9）。

4. 主要成果の具体的データ

表1 播種量に関する調査結果

| 播種日 | ① 乾籾重量 (kg) | ② 苗箱数 (箱) | ①/② 播種量 (g/箱) | 苗箱サンプル調査 ¹⁾ | | |
|----------|-------------------|-----------------|---------------------|------------------------|-------------|---------------|
| | | | | 容積 (ml) | 粒数 (粒/箱) | 乾籾重量 (g/箱) |
| 密苗 5月1日 | 50 | 171 | 292 | 520 | 10456 | 285 |
| 中苗 4月25日 | 85 | 650 | 131 | 240 | 4655 | 127 |

1) 1箱調査

表2 播種時の時間あたり箱枚数

| | ① 播種 箱枚数 (枚) | ② 播種 時間 (分) | ③ 作業 人員 ¹⁾ (名) | ④:①/② 時間あたり 箱枚数 (枚/分) | ④×60/③ 一人1時間あたり 箱枚数 (枚/人時) |
|------------------|-----------------------|----------------------|------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|
| 密苗 | 171 | 21 | 6 | 8.1 | 81.4 |
| 中苗 ²⁾ | 725 | 135 | 4 | 5.4 | 80.6 |

1) 密苗: 全体管理1名、苗箱準備および資材補給2名、育苗機への搬入3名。
育苗機は播種機に隣接して設置

中苗: 全体管理1名、苗箱準備2名、資材補給1名。

2) 中苗の箱枚数は、「ななつぼし」以外の75枚を含む。

中苗での箱並べ能率: 77.7枚/人時(4名で725枚を140分)

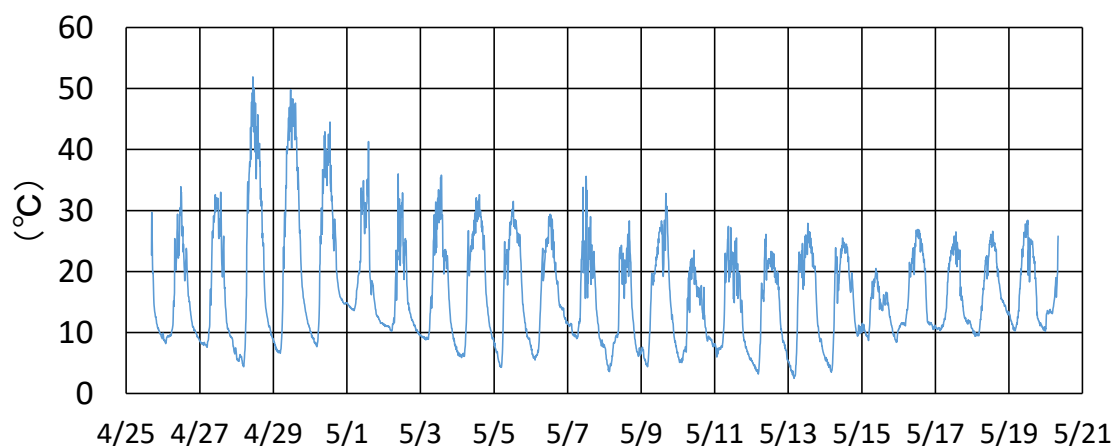


図1 育苗期間中のハウス内（苗近傍）温度推移
(4/28、29の高温は温度センサと被覆シートの接触による)

表3 移植時の苗質

| | 育苗日数 (日) | 葉齢 (枚) | 草丈 (cm) | 第1鞘高 (cm) | 葉色 ¹⁾ | 出芽率 (%) | マット強度 (kgf) |
|----|-------------|-----------|------------|--------------|------------------|------------|----------------|
| 密苗 | 21 | 2.5 | 13.3 | 3.5 | 5.3 | 81.5 | 4.01 |
| 中苗 | 26 | 3.6 | 14.6 | 3.1 | 5.4 | 82.2 | 2.51 |

1) 葉色は「葉色カラースケール(水稲用)」(富士平工業製)に基づく

表4 圃場条件

| | 代掻き日 | 移植日 | 水深 (mm) | 代掻き 程度 ¹⁾ | 耕起深 (cm) | 耕起深直下の 貫入硬度 (MPa) |
|----|-------|-------|------------|-------------------------|-------------|-------------------------|
| 密苗 | 5月17日 | 5月22日 | 2.7 | 1 | 18.0 | 0.76 |
| 中苗 | 5月17日 | 5月20日 | 1.0 | 1 | 17.3 | 0.63 |

1) 高さ1mからゴルフボールを落下したときの埋没程度の指数(1~4)

1: ボールが上に見える、2: 地面と同じ高さ、

3: 地面からやや沈む、4: ボールが見えない

表5 機械移植精度

| | 設定 株間 (cm) | スリップ 率 (%) | 株間 (cm) | 栽植 密度 ¹⁾ (株/m ²) | 欠株率 (%) | 株あたり 本数 ²⁾ (本/株) | 面積あたり 本数 (本/m ²) | 植付姿勢と割合(%) | | | |
|----|------------------|------------------|------------|---|------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------|------|-----|------|
| | | | | | | | | 90° | -60° | 60° | -30° |
| 密苗 | 12.5 | 10.0 | 12.1 | 25.0 | 1.7 | 4.7±2.1 | 118 | 92.5 | 6.9 | 0.6 | 0.0 |
| 中苗 | 12.5 | 7.0 | 12.6 | 24.1 | 3.8 | 4.1±1.8 | 99 | 95.6 | 3.8 | 0.0 | 0.6 |

1) 条間33cm

2) 112株調査

表6 機械移植能率

| | 平均 | | 総作業 時間 (分) | 圃場 面積 (ha) | 作業 能率 (ha/h) | 苗使用枚数 | | 燃料消費量 | |
|----|-----------------|-------------------|------------------|------------------|--------------------|-------|---------|-------|---------|
| | 作業 人員 (名) | 作業 速度 (m/s) | | | | (枚) | (枚/10a) | (L/h) | (L/10a) |
| 密苗 | 3 ¹⁾ | 0.60 | 166 | 108 | 0.39 | 161 | 14.9 | 2.71 | 0.69 |
| 中苗 | 3 ¹⁾ | 0.64 | 180 | 108 | 0.36 | 278 | 25.7 | 2.93 | 0.81 |

1) 2名が機上、1名は陸上

ハウスでの苗とり作業能率:179.7枚/人時

表7 機械移植能率内訳

| 作業 | 内訳 | 密苗 | | 中苗 | | 備考 |
|------------------|---------|-------|---------------------------------|-------|-------------------|---------------------------|
| | | 時間(分) | 行程数 または回数 | 時間(分) | 行程数 または回数 | |
| 移植 | | 114.9 | | 114.5 | | |
| | 長辺行程 | 112.2 | 20行程 | 110.7 | 21行程 | |
| | 短辺行程 | 2.7 | 2行程 | 2.9 | 2行程 | |
| | 圃場角行程 | 0.0 | 0回 | 0.9 | 3回 | |
| 旋回 ¹⁾ | | 9.8 | | 13.0 | | |
| | 180度 | 7.6 | 17回 | 9.0 | 18回 | |
| | 90度 | 2.2 | 3回 | 4.1 | 7回 | |
| 苗補給 | | 33.2 | 8回 (うち4回が肥料込、 1回がコンテナ交換込) | 38.7 | 11回 (うち3回が肥料込) | 1補給時間 密苗4.2分 中苗3.5分 |
| 停止 | | 1.6 | | 8.5 | | |
| | 確認、調整 | 1.6 | 2回 | 3.5 | 3回 | |
| | トラブル対応 | 0.0 | 0回 | 5.1 | 3回 | |
| 移動 ²⁾ | | 6.2 | 1回 | 5.5 | 1回 | |
| 合計時間 | 全体 | 165.7 | | 180.2 | | |
| | 停止を除く | 164.1 | | 171.7 | | |
| | 停止移動を除く | 157.9 | | 166.2 | | |
| 作業能率 | 全体 | 0.39 | 中苗比109 | 0.36 | 100 | |
| (ha/h) | 停止を除く | 0.40 | 中苗比105 | 0.38 | 100 | |
| | 停止移動を除く | 0.41 | 中苗比105 | 0.39 | 100 | |

1) 180旋回の回数が異なるのは、長辺行程数の差による。

90度旋回の回数が異なるのは、中苗圃場で角の処理をやや細かく実施したことによる。

表8 播種および移植に係る作業時間

| | | 密苗 | 中苗 | 備考 |
|--------------|---------|------|-------|--|
| 使用苗箱数(枚/10a) | (枚/10a) | 14.9 | 25.7 | 移植結果より |
| 播種 | (h/ha) | 1.83 | 3.19 | 播種作業能率より |
| 箱並べ | (h/ha) | 1.92 | 3.31 | 密苗・中苗とも77.7枚/人時で計算 |
| 苗取り | (h/ha) | 0.83 | 1.43 | 密苗・中苗とも179.7枚/人時で計算 |
| 機械移植① | (h/ha) | 2.44 | 2.56 | 停止と移動を除いた機械移植作業能率より |
| 機械移植② | (h/ha) | 2.38 | 2.70 | 苗箱数を密苗で2割減、中苗で2割増と仮定し、補給回数を密苗で-1回(7回)、中苗で+2回(13回)とした場合 |
| 合計 | (h/ha) | 7.02 | 10.49 | 機械移植①の場合 |
| 合計 | (h/ha) | 6.96 | 10.63 | 機械移植②の場合 |

表9 収量調査結果¹⁾

| | 穂数 (本/m ²) | 1穂初数 (粒/本) | 総穂数 (千粒/m ²) | 不稔 | | 籾収量 (kg/10a) | 稈実初数 (千粒/m ²) | 粗玄米重 (kg/10a) | 玄米組成 | | | 精玄米重 ²⁾ | | 青米 ³⁾ (%) | 千粒重 ³⁾ (g) |
|----|---------------------------|---------------|-----------------------------|-----------|-----------|-----------------|------------------------------|------------------|---------------|------------------|---------------|--------------------|-------|-------------------------|--------------------------|
| | | | | 歩合 (%) | 歩合 (%) | | | | >1.9mm (%) | 1.9~1.7mm (%) | 1.7mm> (%) | (kg/10a) | (中苗比) | | |
| 密苗 | 813 | 64 | 52 | 12 | 799 | 45 | 657 | 72.4 | 19.6 | 8.0 | 476 | 96 | 28 | 20 | |
| 中苗 | 782 | 61 | 47 | 18 | 802 | 39 | 673 | 74.0 | 22.4 | 3.6 | 497 | 100 | 20 | 19 | |

1)調査株数:45株、密苗株間12.1cm、中苗株間12.6cm。籾収量水分14.5%、粗玄米および精玄米重水分は15%。

2)精玄米:>1.9mm

3)精玄米中の青米、および精玄米の千粒重

5. 経営評価

密苗は播種及び移植に係る作業時間を短縮可能であり、省力化に有効である。大区画圃場では移植作業の時間が作業時間の多くを占めるため、作業能率も移植作業時間が大きな制限要因となるが、本試験では、能率の評価に対して掻き取り量の設定が適切でなかった可能性があり、機械移植能率については反復を通じた検証を要する。

6. 利用機械評価

機械移植精度に問題はない。密苗移植時の適切な掻き取り量の判断には経験が必要とされる可能性が示唆された。

7. 成果の普及

現地農家では密苗での栽培が継続される。周辺地域での密苗取り組み等についてはメーカー及び普及職員と情報連携し、今後の更なる普及を図る。

8. 考察

(1) 密苗の機械移植において、試験開始当初は掻き取り量を8mmとしたが、葉齢が小さく生育への懸念が生じたことから、掻き取り量を9mmに増やして苗本数を確保した。しかし結果的に密苗圃場のみで倒伏が生じたことから、当初の掻き取り設定が適切であった可能性がある。また、掻き取り量を増やしたことが苗箱使用枚数の増加と作業能率の低下を招く結果となり、中苗との能率差が縮小したことが伺われた。また密苗においては、移植後の生育を見据えた掻き取り量設定の判断に際し、一定の経験が必要と考えられた。

(2) 坪刈り調査では熟期の差に起因すると思われる収量差が認められたが、穂数や籾数の調査結果から、更に登熟が進めば収量差は縮まったことが推察される。

9. 問題点と次年度の計画

・ 掻き取り量を増やしたことが苗箱使用枚数の増加と作業能率の低下を招く結果となり、中苗との能率差が縮小したことが伺われた。次年度は掻き取り量の設定を更に吟味した上で今年度の処理を反復し、移植作業能率の向上効果を評価する。

10. 参考写真



写真1 5/20 中苗移植



写真2 5/22 密苗移植



写真3 9/12 圃場
(左が密苗、右が中苗)



写真4 9/20 坪刈り時圃場
(密苗圃場で倒伏発生)