

水耕ネギのトレイ栽培方式におけるトレイのデザイン改良と作業性評価

橋本晃司^{*1}, 横山詔常^{*1}, 岡野 仁^{*2}, 中村幸司^{*1}, 古川 昇^{*3}, 越智資泰^{*4}, 今井俊治^{*4}

Improvement of Tray Design and Evaluation of Efficiency and Body Load on the Work in Planting and Harvesting the Welsh Onion in Hydroponic Culture System

HASHIMOTO Koji^{*1}, YOKOYAMA Noritsune^{*1}, OKANO Hitoshi^{*2}, NAKAMURA Koji^{*1},

FURUKAWA Noboru^{*3}, OCHI Motoyasu^{*4} and IMAI Shunji^{*4}

The edge was put up and the fins were added to both sides to prevent the spill of the medium and fall down the tray, as a final improvement of the tray. About the work system of the new method with this tray, evaluation on the spot to compare with the habitual practice type was conducted. The reduction of time about one hour was achieved at working hours as the sum of planting and harvest, the body load reduction and the work efficiency improvement were able to be confirmed from the result of the subjective symptom investigation, the pinch power investigation, the electromyogram measurement, and the working posture evaluation.

トレイの最終的な改良として、培地のこぼれとトレイの倒伏を防止するために上部に縁を付け、両側面にフィンを追加した。このトレイを用いたトレイ栽培方式の作業システムについて、慣行式との比較検証を目的とした現地評価を行った。定植と収穫を合わせた作業時間では1時間程度の時間短縮を実現したことや、自覚症状調査、つまみ力調査、筋電図計測、作業姿勢評価の結果から、身体負荷軽減と、作業効率改善を確認することができた。

キーワード：トレイ、ネギ、自覚症状調査、つまみ力、筋電図、作業姿勢、JOWAS法、身体負荷軽減

1. 緒 言

本研究では慣行栽培法の調査に始まり、定植トレイのラピッドプロトタイピングによる試作や、定植トレイ上で生育したネギとトレイ及び培地等を効率的に分別回収する作業台の開発まで進めてきた。本報告ではトレイの最終的な改良と、これまで開発してきたトレイ栽培方式について、現地評価によって慣行法と比較検証した結果を報告する。

2. トレイの最終的な改良

2.1 改良点

Y字型トレイ¹⁾を半年間かけて使用し、耐候性や作業性について調査したところ、写真1のように収穫作業の際にトレイに盛った培地がこぼれ易いことが分かった。また定植用スチロールパネルのトレイ配置用角穴の側面に、トレイの側面が密に接しない部分があることから、ネギが倒伏防止ネットに届くまでの成長途中や、収穫時にネットを外して取扱う際に、倒れ易いことも分かった。

2.2 改良の効果

そこで写真2, 3のように、トレイの上部に培地のこぼれを防ぐ縁を付けた。また図1のようにトレイの両側面に、トレイ配置用角穴の側面との接触面を増やすフィンを追加した。この改良により培地のこぼれと、倒伏防止が改善され、さらに持ち運びや根切りの際にトレイの把持が行い易くなった利点もあった。

平成 16~18 年度農林水産省

先端技術を活用した農林水産研究高度化事業委託事業

2007. 8. 22 受理 技術支援部

*1 生産技術アカデミー製品設計研究部

*2 生産技術アカデミー生産システム研究部

*3 東部工業技術センター技術支援部

*4 農業技術センター



写真1 こぼれと倒伏



写真2 縁付型での生育



写真3 縁付型トレイ

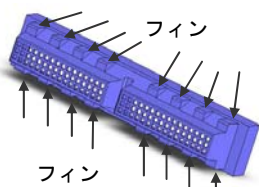


図1 縁付型のフィン

3. 現地評価

3.1 実験準備

2006年5月30日から農業技術センター内の実験圃場で、現地評価の1/4の収量による予備実験を3回行い、改良トレイや作業台を使用したトレイ栽培方式のシステムの工程の把握や、筋電位の計測部位の特定を行った。この結果から、筋電位とJOWAS²⁾方式による作業姿勢の計測の他、ボルグスケールや作業前後でのつまみ力の変化も実験項目に加え、8月4日に定植作業、9月6日に収穫作業の慣行とトレイ栽培方式の比較を目的とした現地評価を行った。

3.2 実験手順

慣行方式とトレイ栽培方式で、定植作業と収穫作業をそれぞれ行い、各計測項目を記録した。トレイ栽培方式では栽培管理器具として、作成したパネルと倒伏防止ネットを同時に移動させる器具と収穫時に根の切断、ネギと培地・トレイの分離・回収を行う作業台を用いて、作業を行った。被験者は、40歳の健康な男性1名(身長169cm, 体重68kg)である。まず、1日で慣行と新式の両方の定植作業を行い、苗が生育した4週間後に、慣行とトレイ栽培方式の収穫作業を1日で行った。作業は、定植、収穫とも慣行からトレイ栽培方式の順で行い、作業試行間の休憩は2時間程度取った。

3.3 作業手順

慣行方式の定植は、1枚7列×7行(49穴)の定植パネルに1株ごと押し込んだ。収穫は2~3株ごとに行い、鉢で根を1株ごとカットした。作業パネル数は30パネルとした。トレイ栽培方式の定植は、トレイごと育苗した苗をそのまま定植パネル(2列×2行)に挿し込み、収穫は、トレイごとに行い、トレイから下に伸びた根を切断し、ネギとトレイを分離する。トレイ栽培方式はパネルサイズが慣行

の半分であるので、作業パネル数は60パネルとし慣行と同じ作付面積とした。

3.4 測定・分析方法

3.4.1 筋電図測定

筋電図は、事前の現地調査を参考に、僧帽筋(肩部)、脊柱起立筋(腰部)、大腿直筋、前頸骨筋の5部位より導出し、生体アンプ(サイアクトMT11: NECメディカル社製)を介し、AD変換システム(WadSystem: DKH社製)により、サンプリング周波数1kHzにて記録した。記録区間は、作業開始後より2分間記録し、1分後にまた2分間記録するといったサイクルを作業終了まで続けた。分析は、全波整流、3Hzのローパスフィルタにより平滑化した後、作業前に計測した各筋の最大随意収縮(Maximum Voluntary Contraction: MVC)を基準に正規化(%MVC)した。%MVC波形より、積分値iEMG、平均値mEMGを求めた。また、低負荷作業や複雑な作業の特性を評価できる筋電図の振幅確率密度関数(APDF)を求めた。

3.4.2 作業分析(作業時間、作業姿勢)

DVカメラ2台により、作業開始から終了まで記録し、動作や姿勢並びに作業時間を解析した。

3.4.3 自覚症状の確認

BorgScaleの10点法を用い、作業開始より5分ごとに聞き取り調査した。聞き取り部位は、下肢、腰部、肩部、上肢(腕、手首、手)である。

3.4.4 つまみ力測定

ピンチゲージ(Chattanooga Group社製)を用い、作業前後にて利き腕の1-2, 1-3, 1-4, 1-5指間のつまみ力を3回ずつ計測した。

3.4.5 収穫量測定

慣行、新式ともに収穫したネギの重量をバネ計りにて計測した。

4. 結果及び考察

4.1 作業時間、収穫量、作業効率

作業時間、収穫量、作業効率を表1に示す。これより、トレイ栽培方式は、慣行より定植・収穫を含め、30パネル分で、1時間程度の時間短縮となった。

表1 作業時間、収穫量、作業効率

	慣行	トレイ栽培方式
作業時間 (h:m:s)		
定植	1:10:45	0:28:59
収穫	1:25:35	1:09:14
合計	2:36:20	1:38:13
収穫量 (kg)	82.06	99.12
作業効率 (kg/h)	31.49	60.55

特に定植では、40%程度の時間で行えた。ただし、今回想定した作業以外の育苗や準備、器具等のメンテナンスの時間は含まれていない。収穫量は、慣行に比べ120%の

増加となった。これら作業時間、収穫量の結果より、1時間あたりの収穫量は、トレイ栽培方式は慣行より200%弱の作業効率が見込まれる結果となった。

4.2 自覚症状

図2に自覚症状調査の結果を示す。定植では、慣行式と同じ反復作業や前傾姿勢が続くことによる痛みや疲労が腰部や脚部に漸増するが、トレイ栽培方式ではそれが見られない。収穫では、20分までの前傾姿勢で腰部に、30分から60分までの鉢作業により上肢に、それぞれ痛みや疲労を発生させているが、トレイ栽培方式では、どの部位も1点以下の「弱い痛み(疲労)」の範囲であった。

トレイ栽培方式では、同じ作業姿勢や動作が続かないシステムになっており、疲労や痛みの蓄積は少ない結果となった。しかし、作業終了後の聞き取りより、トレイ栽培方式収穫時のネギとトレイの分離作業で上腕二頭筋に疲労が発生することを把握した。

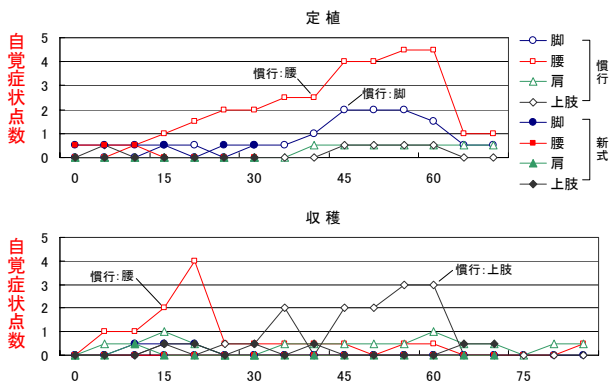


図2 ボルグスケールの10点法による自覚症状

4.3 つまみ力

図3に収穫作業における作業前と比較した作業後のつまみ力の変化率を示す。慣行はトレイ栽培方式より、各指間のつまみ力は低い値となった。これは、トレイ栽培方式において、繰り返しの鉢作業を行わなくて良かった効果と推察する。

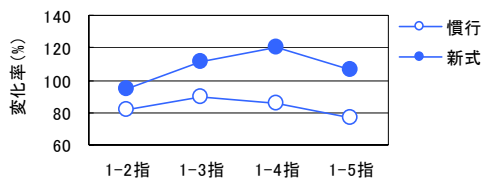


図3 つまみ力の変化率

4.4 筋電図

図4にiEMGの結果を示す。作業時間が短縮されたことにより、トレイ栽培方式は慣行より低い筋活動量になっていることが確認された。

図5にトレイ栽培方式収穫時のAPDF曲線を一例として示す。1時間以上続く作業において平均的な作業強度である

$p=0.5$ では、14%MVCを超えてはならないと提唱されている²⁾。 $P=0.5$ にて、脊柱起立筋は、20%MVC以上となっており、腰部への負担が依然として大きく、今後、改善すべき点である。

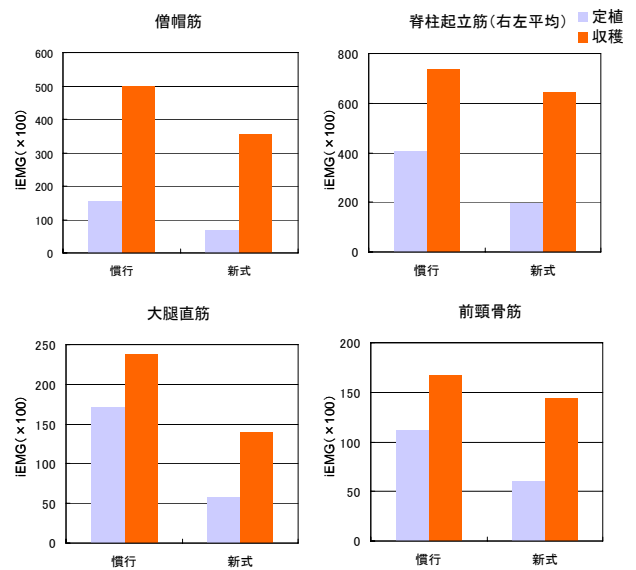


図4 積分筋電図iEMG (%MVC)

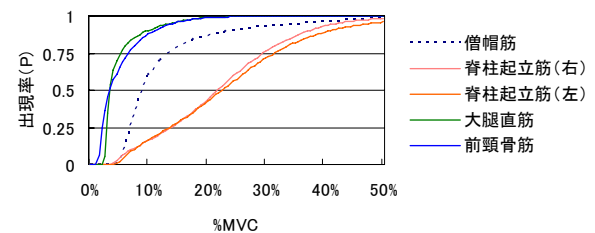


図5 収穫作業時のAPDF曲線

4.5 作業姿勢

作業姿勢の撮影において、死角を生じさせない目的で被験者の正面と側面を2台のカメラで撮影した。図6のように、この2方向からの画像を同期させ、さらにタイムカウンタを表示して、JOWAS法による作業姿勢の分析を行った。各作業時間内において一定間隔で発生したAC1~AC4までの作業姿勢の出現率から作業全体を評価するのがJOWAS法である。この実験では、トレイ栽培方式の定植以外は1時間を超える作業であったために、記録間隔は20秒とした。

この結果、表2のように定植作業において、慣行式では82.2%あった「AC2: 近いうちに改善」の姿勢を、トレイ栽培方式では25.8%まで減少させることができた。作業姿勢分析上は「AC3: 早期に改善」, 「AC4: ただちに改善」といった厳しい姿勢を生じないが、筋電図からも分かるように、長時間の同一姿勢が与える身体負荷は大きく、作業時間半減と姿勢の改善による作業負荷の軽減効

果は極めて高いと言える。

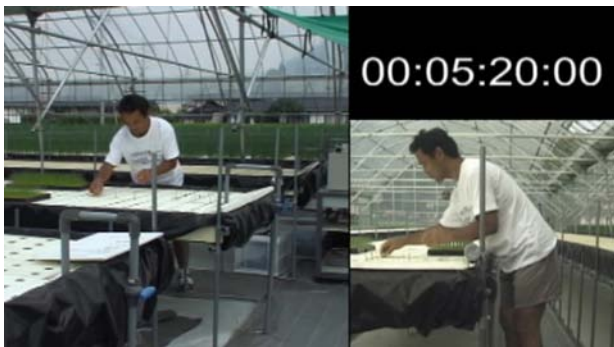


図6 2台のカメラ画像を同期させた分析用画面

表2 JOWAS法による定植作業姿勢の分析結果

	慣行式	トレイ栽培方式
AC1：改善は不要	17.8%	71.9%
AC2：近いうちに改善	82.2%	25.8%
AC3：早期に改善	0	1.1%
AC4：ただちに改善	0	1.1%

ただしトレイ栽培方式においてAC3, AC4の作業姿勢が共に1.1%発生したのは課題である。これは慣行式になかった、「育苗箱を床に置く」や「積載棚の低い位置から育苗箱をとる」といった作業(図7)が発生したことによるものであるが、作業環境の整備によって改善は容易である。むしろ、こうした課題を抽出できたことは作業分析の有効性を示す結果と言える。

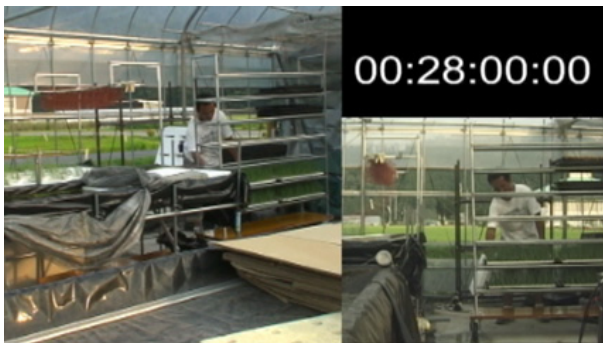


図7 トレイ栽培方式定植改善点：下段の育苗箱取出し

次に収穫作業での作業姿勢の分析結果を表3に示す。慣行式では5.8%あった「AC4：ただちに改善」の姿勢を、トレイ栽培方式では1.0%まで減少させることができた。また、慣行式では10.0%あった「AC3：早期に改善」の姿勢を、トレイ栽培方式では4.3%まで減少させることができた。

慣行式でAC3, AC4に該当した作業は「手前のネギを抜く」「奥のネギを抜く」が大半を占めた。それに対してトレイ栽培方式でAC3, AC4に該当した作業は「改修棚の低い位置への定植パネル戻し」等の引抜き作業以外の改善可能な課題がほとんどであった。このことから、収穫

作業での最大の課題であった、引抜き作業における身体負荷の大きな作業姿勢の改善が実証されたと言える。

表3 JOWAS法による収穫作業姿勢の分析結果

	慣行式	トレイ栽培方式
AC1：改善は不要	33.1%	36.8%
AC2：近いうちに改善	51.0%	57.9%
AC3：早期に改善	10.1%	4.3%
AC4：ただちに改善	5.8%	1.0%

その他、図8に示すように、トレイ栽培方式において、頭上に施した倒伏防止用ネット巻取り装置を避けるために、無理な姿勢でトレイを回収する場面があった。出現率としては少ないが、AC4の起因となった要素である。これについては環境の整備により改善は容易である。



図8 トレイ栽培方式収穫改善点：無理な姿勢でのトレイ回収

5. 結 言

以下に示す、1)の改善、及び2)~7)の現地評価によって、平成16年度より開発してきたトレイ栽培方式の作業システムによる身体負荷軽減と作業効率の改善を確認することが出来た。このトレイ栽培方式は、県内の生産者団体での試験導入を進め、高齢就労者の作業負担が軽減される等の一定の評価を得ている。今後は、生産者団体との調整等、産地への導入課題を整理しつつ、普及を進めていく。

- 1) トレイ上部に縁を付け、両側面にフィンを追加することで、培地のこぼれと倒伏防止を改善し、把持し易くもなった。
- 2) トレイ栽培方式は、慣行より定植・収穫を含め、30パネル分で、1時間程度の時間短縮が見込まれることが分かった。
- 3) トレイ栽培方式の収穫量は、慣行に比べ120%の増加が見込まれ、1時間あたりの収穫量は、慣行に比べ200%弱の作業効率が見込まれることが分かった。
- 4) 実験における自覚症状調査から、定植では、慣行式で痛みや疲労が背部に漸増するが、新式ではそれが見られないことや、収穫では慣行式に比べ、どの部位も1

点以下の「弱い痛み(疲労)」であることが分かった。

- 5) 慣行はトレイ栽培方式より、各指間のつまみ力は低い値となり、慣行での繰り返しの鉢作業が、トレイ栽培方式ではなくなったため、その効果があったと推察した。
- 6) 作業時間が短縮されたことにより、トレイ栽培方式は慣行より低い筋活動量になることが分かった。
- 7) 作業姿勢の評価によって、定植において慣行式では82.2%あった「AC2：近いうちに改善」の姿勢が、トレイ栽培方式では25.8%まで減少することや、収穫において、慣行式では5.8%あった「AC4：ただちに改善」の姿勢が、トレイ栽培方式では1.0%まで減少することが分かった。

文 献

- 1) 橋本晃司ほか6名：広島県立東部工業技術センター研究報告, **19**, 10-14 (2006).
- 2) Jonsson, B : J. Human Ergol. **11**, p73-88 (1982).
- 3) 瀬尾明彦：Ovako 式作業姿勢分析システムソフト JOWAS ver. 0.9 <http://www.ergooh.com/>

謝 辞

本研究の推進にあたり御協力頂きました株式会社あべダンボールの阿部亨専務取締役、高知大学農学部の北野雅治教授に深く感謝の意を表します。また、作業分析・人間工学検証に助言を賜りました広島文教女子大学の宇土博氏に深く感謝の意を表します。