研究報文

新たに開発したホーラーがアスパラガスの定植における作業性に及ぼす影響

清水 佑*・松永邦則**・浦上敦子***・柘植一希*・山口貴之****・元木 悟*

* 明治大学農学部, ** パイオニアエコサイエンス株式会社,

*** 農研機構野菜茶業研究所, **** 岩手県農業研究センター

Effects of a Newly Developed Hole-Maker on the Efficiency of Planting Asparagus

Tasuku SHIMIZU*, Kuninori MATSUNAGA**, Atsuko URAGAMI***, Kazuki TSUGE*,
Takayuki YAMAGUCHI**** and Satoru MOTOKI*

*Agricultural department of Meiji University

**Pioneer Ecoscience

***Tsukuba Vegetable Research Station, NARO Institute of Vegetable and Tea Science

**** Iwate Agricultural Research Center

著者らは、アスパラガスの定植において、セル成型苗からポット苗への鉢上げせずに、セル成型苗を直接圃場に定植する新たなホーラーを開発した。アスパラガスの伏せ込み促成栽培において、そのホーラーを用いてセル成型苗のまま直接圃場に定植する新規法と、慣行のホーラーを用いてポット苗を定植する慣行法とを比較し、定植作業の改善効果とアスパラガスの収量の指標となる株養成量を調査した。その結果、新規法は、慣行法に比べて、初心者、習熟者ともに、アスパラガスの定植作業時間が有意に短縮された。OWAS法を用いた作業姿勢の評価では、AC（アクションカテゴリー）の発生回数および発生割合の結果から、習熟者においては、新規法が慣行法に比べてアスパラガスの定植作業姿勢を改善できた。一方、初心者においては、ACの発生割合で定植作業姿勢の改善効果が見られなかったものの、ACの発生回数では改善効果が見られた。アスパラガスの定植作業時間が短縮されたことを考慮すると、初心者においても、新規法が慣行法に比べて作業負担は低いものと考えられる。また、株養成量では、新規法は、慣行法に比べて、育苗日数が短く、小さなセル成型苗を定植したにも関わらず、新規法と慣行法との間に有意差がなかったことから、ポット苗を定植する慣行法と同等の収量が得られるものと考えられた。

キーワード：アスパラガス、作業性、セル成型苗、定植、ホーラー

1. 緒言

現在、日本の農業における問題として、農業従

事者の高齢化、農業就業人口の減少、新規就農者の減少や後継者不足などが挙げられる。1985年から2010年にかけて、65歳以上の基幹的農業従事者の割合は19.5%から61.1%に増加し（農林水産省2013）、農業就業人口も543万人から261万人に減少した（農林水産省2013）。また、新規就農者数は2007年から2013年にかけて、73,460人から50,810人に減少し、年度によって多少の増減はあるものの、年々減少傾向にある（農林水

2015年1月22日受付

2016年1月30日受理

Corresponding author

元木 悟 Satoru MOTOKI

〒214-8571 神奈川県川崎市多摩区東三田 1-1-1

1-1-1 Higashimita, Tamaku, Kawasaki-city, Kanagawa, Japan

E-mail : motoki@meiji.ac.jp

産省大臣官房統計部 2014)。その原因の1つとして、農業は6K(きつい、汚い、かっこ悪い、臭い、稼げない、結婚できない)と言われ(但馬県民局 2012)、実際に新規就農者となりうる若者が、農業に対して重労働であるというイメージを持つと報告がされている(中央農業総合研究センター 1995)。また、これからの農業に必要な条件の中で「軽作業程度の労働であること」が全体の43.6%を占め、最も高い値となっており、作業環境改善として作業姿勢の改善も挙げられている(農林水産省 2006, 2009)。

ところで、一般に重労働とされる看護や工業の現場では、多くの作業性に関する調査が行われ、作業姿勢の改善がなされている(Karhu ら 1981, Takala and Kukkonen 1987)。

作業性に関する調査は、農業においても長時間の作業が必要となるブドウなどの果樹栽培(八巻ら 1993, Yin ら 2012)やイチゴなどの高設栽培(前川ら 2000, 宮寄・片岡 2004)などで行われており、作業負担の少ない姿勢、作業時間を短縮するための機械や器具の開発および作業負担を軽減できる栽培体系の開発が多くの生産現場で求められている。作業時間や作業効率に関する研究(有馬ら 1995, 渋谷ら 2014)がある中で、作業負担や作業姿勢など身体的な観点に着目した研究も行われている(藤原ら 2006, 大石ら 2010)。作業負担としては心拍数や脳波、筋電位などが測定され評価されている(石川・小林 1999)。作業姿勢に関しては、8ch 姿勢解析システムや姿勢区分評価法、Ovako 式作業姿勢分析システム(以下、OWAS 法)などで評価が行われており(石川・小林 1999, 宮寄・片岡 2004)、本研究ではその中の OWAS 法を用いて調査した。OWAS 法は、フィンランド労働衛生研究所が開発した作業姿勢分析ソフトを用いる評価法であり(Karhu ら 1977)、建築作業や貨物運搬作業など、20 種以上の様々な分野で研究に用いられている(瀬尾 1995)。本手法は、観察者が異なっても、結果の一致率が 90% 以上と高い再現性を有し、特別な機械や能力を用いなくとも調査が可能であることから、多くの分野で利用されている(瀬尾 1995)。

本研究で取り扱うアスパラガス(*Asparagus officinalis* L.)は、キジカクシ科アスパラガス属に属する植物であり、野菜では珍しい多年生の植物である(元木 2003)。アスパラガスは、前年の光

図1 本研究に用いたホーラーの比較
左が新たに開発した新規ホーラー、右が慣行ホーラー。
規格の単位は cm。

合成産物が貯蔵根へ蓄積され、翌年の春季に萌芽する若茎を収穫する。この時、貯蔵根の量と貯蔵根に蓄えられた養分量(株養成量)が若茎の収穫量に影響するため、高収量を目指す際に重要な指標となる(元木 2003, 酒井ら 1991)。近年では単価の高くなるクリスマスや年末に向けてアスパラガスを出荷するため、群馬県や東北地方を中心に伏せ込み促成栽培が行われている(地子ら 2008, 小泉 2007, 武田・本庄 2005)。伏せ込み促成栽培とは、春から秋にかけて露地で根株を養成し、晩秋に掘り上げた根株をハウス内に持ち込んで加温を行うことにより、萌芽を促進させて収穫を行う栽培体系であり、若茎があまり流通していない冬季に収穫することができる(武田・本庄 2005)。

セル成型苗直接定植は一般的にキャベツなどの葉菜類の栽培で広く用いられており(吉岡 2007)、ポットへ鉢上げする二次育苗を省略できるため、育苗時間の短縮、育苗面積の縮小および資材コストの削減などが期待できる。そのため、省力・低コストの観点からポット苗定植が広く利用されているトマトやカボチャなどの果菜類の栽培でも、セル成型苗直接定植の導入が検討されている(金子・鈴木 2002, 根岸・大島 2009, 杉山ら 2006)。

一方、上記のアスパラガスの伏せ込み促成栽培では、秋季の根株の掘り上げ時に高収量のため的大株養成が期待できないことから、セル成型苗は定植に用いられておらず(山口ら 2013)、4 月下

図2 新規法および慣行法における定植の比較
左が新規ホーラーによるセル成型苗の直接定植。
右が慣行ホーラーによるポット苗の直接定植。

旬頃から5月中旬頃に、セル成型苗を鉢上げしたポット苗を、ホーラー（図1右：以下、慣行ホーラー）を用いて作成した植穴に定植している（小泉 2007）。そこで著者らは、アスパラガスの伏せ込み促成栽培においても、葉菜類や果菜類と同じ上記メリットを得るために、セル成型苗を（ポット苗に鉢上げせずに）そのまま直接深植えできるホーラーを新たに開発した（図1左：以下、新規ホーラー）。新規ホーラーは、セル成型苗を15 cm程度の深植えにする形状をとり（図2）、深植えによる（植穴内の保温効果による）生育促進効果が期待できる。さらに、新規ホーラーは慣行ホーラーに比べて、地面に突き刺す動作のみで容易に植穴を作成できるため、定植作業の省力効果も期待できる。

一方で、前述のとおり、日本における新規就農者数は減少しており、重労働と捉えられる農作業のイメージを改善し、新たな担い手の就農を増やすため、新規就農者を意識した作業性の改善に関わる試験も必要であると考える。

そこで本研究では、新規ホーラーを用いてセル成型苗のまま直接定植する新規法と慣行ホーラーを用いてポット苗を定植する慣行法を、伏せ込み促成栽培の作型において比較するとともに、被験者として、作業に熟練した習熟者1名と、作業に熟練しておらず、新規就農者となり得る初心者1名の熟練度の異なる作業者における定植作業の改善効果を調査した。

さらに、新規ホーラーを用いた定植による収量への影響を確認するため、アスパラガスの収量の目安となる株養成量を調べることで、アスパラガスの定植における新規法導入の可能性を検討した。

2. 材料および方法

1) 栽培条件

試験は、群馬県沼田市の現地圃場で行った。供試品種は、伏せ込み促成栽培に適するとされる‘太宝早生’（パイオニアエコサイエンス）（地子ら 2011, 皆川ら 2013）とした。栽植様式は、畝間140 cm、株間40 cmの1条植え（栽植密度：1,786 株/10 a）とした。畝は幅60 cm、高さ25 cmであった。現地で慣行として用いられている黒色のKOB マルチ（みかど化工社製、KOB-20 135）および北海道や東北地方の生産現場などで保温効果が見込めるという理由で普及が進んでいる緑色のグリーンマルチ（積水フィルム社製、HF135FK）（元木 2008）の異なる2種類のマルチを土壌表面に被覆した。2種類のマルチの区をそれぞれ3畝ずつ作成し、乱塊法を用いて処理区を設定した。慣行法では96日間育苗した7.5 cm径のポット苗、新規法では72日間育苗した200穴のセル成型苗を定植した。供試作型は伏せ込み促成栽培とし、2013年4月21日に定植し、株養成した根株を同年11月16日に掘り上げた。基肥として $N-P_2O_5-K_2O$ を22-23-20 kg/10 a 施用し、追肥として5.6-5.6-5.6 kg/10 a、6.8-0-6.4 kg/10 a、0-6.8-6.4 kg/10 aを7~9月にかけて施用した。その他の栽培管理は、現地の慣行に準じた。

2) 定植作業時間の比較

慣行ホーラーおよび新規ホーラーを用いて定植作業時間の比較を行った。いずれのホーラーも鋼材で構成されており、慣行ホーラーの仕様は全長140 cm、先巾16.5 cm、肩幅14 cm、質量4.5 kg（OWL 社製）（図1右）、新規ホーラーの仕様は全長90 cm、縦支柱部の長さ60 cm、横支柱部の長さ40 cm、円筒部の長さ10 cmおよび直径9 cm、円錐部の長さ9 cm、先頭部の長さ5.5 cm（先頭部は付け替え可能）、質量4.3 kgであった（図1左）。定植時に、全作業工程を、デジタルカメラを用いて動画を撮影した。被験者は、定植作業に熟練した46歳男性（以下、習熟者）と定植作業に熟練していない21歳男性（以下、初心者）とした。習熟者は身長163 cm、体重60 kg、作業経験17年で、初心者は身長164 cm、体重63 kg、作業経験2年である。被験者には数a作業してもらい、その映像から、ホーラーによる植穴作成（図3）

図3 習熟者による植穴作成の様子
上が新規法，下が慣行法。
新規法は新規ホーラーを地面に突き差す動作，慣行法は慣行ホーラーを用いて畝内の土をつかんで外に放出する動作。

と苗の定植（図4）の時間を定植作業時間として計測し，5株の作業時間4反復分を分析して，1株当たりの定植作業時間の平均値を算出した。統計処理は，t検定により異なる定植方法間の有意差を分析した。

3) OWAS法を用いた定植作業姿勢の比較

アスパラガスの定植時における作業姿勢は，Karhuら（1977）が開発したOWAS法を用いて，アクションカテゴリー（以下，AC）による分類と評価を行った。2）と同様，定植時の全作業工程を，デジタルカメラを用いて動画を撮影した。被験者は，2）と同様の習熟者および初心者とした。一般的にOWAS法では，動画から作業姿勢を1回当たり30秒または1分間隔で抽出する（瀬

図4 習熟者による定植の様子
上が新規法，下が慣行法。

尾1995）。しかし，沢田・羽根（2002）は，通常の30秒間隔とその3分の1に当たる10秒間隔ではACの発生構成比に顕著な違いが見られないことを報告した。また，坂本ら（2011）は，アスパラガスの若茎の収穫における作業姿勢を1回当たり2秒間隔で抽出し，評価した。本研究では，1株における定植の作業性に着目したため，さらに測定間隔を短くする必要があると考え，坂本ら（2014）の報告と同様，1回当たり1秒間隔で抽出し，評価した。撮影した動画から1秒ごとの作業姿勢を抽出し，OWAS姿勢コード表の背部，上肢，下肢および支持する質量または力の4項目を，坂本ら（2011）の方法に従って4段階の作業負担度〔AC1：改善不要（この姿勢による筋骨格系負担は問題ない），AC2：近いうちに改善すべき（この姿勢は筋骨格系負担に有害である），AC3：できるだけ早期に改善すべき（この姿勢は筋骨格系負担に有害である），AC4：ただちに改善すべき（この姿勢は筋骨格系に非常に有害である）〕に分類し，定植作業姿勢の評価を行った。なお，新規ホーラー，慣行ホーラーともに質量が10kg未満であ

図5 1株当たりの新規法および慣行法における習熟者および初心者の定植作業時間の比較
5株の定植作業を1反復とし、4反復調査した (n=4)。

エラーバーは標準誤差を示す。

** はt検定において1%水準で有意差ありを示す。

り、慣行ホーラーで畝に植穴を開けた際に放出した土の質量とホーラーの合計の質量も10 kg未満であったため、支持する質量または力の項目を10 kg未満として評価した。2)と同様、5株を定植する間の作業姿勢を測定し、1株当たりの定植作業姿勢の平均値 (AC1~4の発生回数および発生割合の平均の値) を算出した。5株の定植作業を1反復とし、4反復調査した。統計処理は、作業姿勢 (AC) のデータにおいて正規性が確認されなかったため、ノンパラメトリック手法であるU検定により異なる定植方法間の有意差を分析した。

4) 栽培法の違いによる苗質の評価および株養成量の比較

定植時における苗質の評価と新規法および慣行法で栽培した株養成量の比較を行った。苗質の評価は、2013年4月21日の定植時に用いた苗の茎長 (cm)、根長 (cm)、茎数 (本)、地上部および地下部それぞれの生体重 (g) および乾物重 (g) について中庸な5個体を選び計測した。株養成量は、2013年11月16日に根株を掘り上げた後に水で洗浄し、生体重を当日に測定した。掘り上げ後の根株は冷蔵で明治大学生田キャンパス (神奈川県川崎市) に輸送し、到着後に貯蔵根のBrix値 (°) を測定した。貯蔵根のBrix値は北澤ら (2012) の方法に従って、貯蔵根を-20℃の冷凍後に融解して軟化させてから屈折式糖度計

図6 新規法および慣行法における習熟者および初心者の各ACの発生割合の比較

5株の定植作業を1反復とし、4回の平均値を示す (n=4)。

(PR-1, ATAGO社製) により測定した。株養成量は、元木ら (2006) の方法に従って、根株の生体重と貯蔵根のBrix値の積として算出した。10株を1反復とし、3反復調査した。

3. 結果

1) 定植作業時間の比較

新規法および慣行法における習熟者および初心者の定植作業時間の比較を図5に示した。

(1) 習熟者

新規法は慣行法に比べて、苗の定植時間、ホーラーによる植穴作成時間および合計の定植作業時間が有意に減少した。新規ホーラーによる植穴の作成は1株当たり1.7秒、セル成型苗の定植は5.1秒を要した。一方、慣行ホーラーによる植穴の作成は1株当たり3.1秒、ポット苗の定植は7.5秒を要した。1株の定植に有した時間は、新規法は6.7秒、慣行法は10.6秒であった。

(2) 初心者

新規法は慣行法に比べて苗の定植時間、ホーラーによる植穴作成時間および合計の定植作業時間が有意に減少した。新規ホーラーによる植穴作成は1株当たり2.6秒、セル成型苗の定植は12.0秒を要した。一方、慣行ホーラーによる植穴作成は1株当たり4.1秒、ポット苗の定植は33.1秒を要した。1株の定植に有した時間は、新規法は14.6秒、慣行法は37.2秒であった。

2) OWAS法を用いた定植作業姿勢の比較

新規法および慣行法における習熟者および初心者の定植作業姿勢の比較を図6および図7に示した。

図7 新法規法および慣行法における習熟者および初心者の各AC発生回数の比較

5株の定植作業を1反復とし、4反復調査した (n=4)。

エラーバーは標準誤差を示す。

*はU検定において5%水準で有意差あり, n.s.は有意差なしを示す。

(1) 習熟者

新法規法および慣行法ともに、ただちに改善すべきとされる作業負担度のAC4は発生しなかった。新法規法ではAC2の発生割合が最も高く、慣行法ではAC3の発生割合が最も高かった。できるだけ早期に改善すべきとされる作業負担度であるAC3の発生割合は、新法規法が慣行法に比べて低かった。発生回数における比較でも、新法規法は慣行法に比べて、AC3の発生回数は有意に低かった。ホーラーによる植穴の作成において、背部では新法規法の姿勢コード1「まっすぐ」が100%、慣行法の1「まっすぐ」が98.8%、2「前または後ろに曲げる」が1.2%であり、苗の定植では新法規法の2「前または後ろに曲げる」が100%、慣行法の1「まっすぐ」が4.0%、2「前または後ろに曲げる」が96.0%であった。ホーラーによる植穴の作成において、上肢では新法規法の1「両腕とも肩より下」が66.7%、3「両腕が肩の高さあるいはそれより上」が33.3%、慣行法の1「両腕とも肩より下」が19.8%、3「両腕が肩の高さあるいはそれより上」が80.2%であり、苗の定植では新法規法および慣行法ともに1「両腕とも肩より下」が100%であった。ホーラーによる植穴の作成において、下肢では新法規法および慣行法ともに2「両脚をまっすぐにして立つ」が100%であり、苗の定植では新法規法の2「両脚をまっすぐにして立つ」が87.4%、4「両膝を曲げて立つか中腰」

が12.6%、慣行法の4「両膝を曲げて立つか中腰」が100%であった。

(2) 初心者

新法規法および慣行法ともに、AC4は発生しなかった。新法規法ではAC3の発生割合が最も高く、慣行法ではAC2の発生割合が最も高かった。AC3の発生割合を比べると、新法規法が慣行法に比べて高かった。発生回数における比較では、AC1およびAC2において有意差が確認されたが、AC3において有意差は確認されなかった。ホーラーによる植穴の作成において、背部では新法規法の姿勢コード1「まっすぐ」が56.9%、2「前または後ろに曲げる」が43.1%、慣行法の1「まっすぐ」が65.2%、2「前または後ろに曲げる」が34.8%であり、苗の定植では新法規法の1「まっすぐ」が0.8%、2「前または後ろに曲げる」が99.2%、慣行法の1「まっすぐ」が2.2%、2「前または後ろに曲げる」が97.8%であった。ホーラーによる植穴の作成において、上肢では新法規法の1「両腕とも肩より下」が49.0%、3「両腕が肩の高さあるいはそれより上」が51.0%、慣行法の1「両腕とも肩より下」が29.2%、3「両腕が肩の高さあるいはそれより上」が70.8%であり、苗の定植では新法規法および慣行法ともに1「両腕とも肩より下」が100%であった。ホーラーによる植穴の作成において、下肢では新法規法の2「両脚をまっすぐにして立つ」が100%、慣行法の2「両脚をまっ

表 1 定植時における苗質の評価

栽培法	育苗法	茎長 (cm)	根長 (cm)	茎数 (本)	生体重 (g)		乾物重 (g)	
					地上部	地下部	地上部	地下部
新規法	200 穴セル	20.4	4.5	2.2	0.29	0.49	0.07	0.08
慣行法	7.5 cm ポット	28.4 ^z	19.8	5.4	2.23	3.52	0.57	0.58
t 検定 ^y		*	**	**	**	**	**	**

^z 定植時に用いた苗株の苗質を調査した (n=5)。数値はその平均値を表す。

^y * は t 検定により 5%水準で有意差あり, ** は 1%水準で有意差ありを示す。

すぐにして立つ」が 95.5%, 4「両膝を曲げて立つか中腰」が 4.5%であり, 苗の定植では新規法の 2「両脚をまっすぐにして立つ」が 17.4%, 4「両膝を曲げて立つか中腰」が 82.6%, 慣行法の 4「両膝を曲げて立つか中腰」が 30.8%, 6「片方または両方の膝を床につける」が 69.2%であった。

3) 栽培法の違いによる苗質の評価および株養成量の比較

定植時における苗質の評価の比較を表 1, 新規法および慣行法における株養成量の比較を図 8 に示した。慣行法で用いたポット苗における茎長は 28.4 cm, 根長は 19.8 cm, 茎数は 5.4 本, 生体重は地上部が 2.23 g, 地下部が 3.52 g, 乾物重は地上部が 0.57 g, 地下部が 0.58 g であった。また, 新規法で用いたセル成型苗における茎長は 20.4 cm, 根長 4.5 cm, 茎数 2.2 本, 生体重は地上部が 0.29 g, 地下部が 0.49 g, 乾物重は地上部が 0.07 g, 地下部が 0.08 g であり, 定植時における苗質は, いずれの調査項目においても新規法のセル成型苗が慣行法のポット苗に比べて有意に小さかった (表 1)。また, 根株の養成段階において, セル成型苗の初期生育は達観調査で, 成長した茎葉が通路側に倒れることなく真っ直ぐ成長していた。株養成量は, KOB マルチでは新規法が 264.9, 慣行法が 311.6 であった。一方, グリーンマルチでは新規法が 320.2, 慣行法が 380.6 であった。2 種の異なるマルチにおいて, 株養成量はセル成型苗を定植した新規法がポット苗を定植した慣行法に比べてやや劣る傾向が見られたが, 新規法および慣行法における株養成量に有意差は確認されなかった (図 8)。

4. 考察

過去のアスパラガスの作業性に関する研究で

図 8 新規法および慣行法における株養成量の比較
10 株を 1 反復とし, 3 反復調査した (n=3)。エラーバーは標準誤差を示す。

n.s. は t 検定において有意差なしを示す。

株養成量 = 根株の生体重 × 貯蔵根の Brix 値。

は, 全期立茎栽培において中腰作業となる若茎収穫の作業性を評価した報告 (坂本ら 2011), および作業性の改善のために若茎収穫専用の長柄収穫ハサミ「アスパラーク」を開発し, その作業性を評価 (坂本ら 2014) した報告がある。また, アスパラガスの夏秋どりにおいて, 親茎 (養成茎) を斜めに誘引し, 収穫可能な若茎の視認性を高めた「母茎地際押し倒し法」と呼ばれる栽培体系が開発された (坂本ら 2011)。これらのように, 器具や栽培体系の開発の視点から作業性の改善が可能である。

本研究は, 新しく開発した新規ホーラーを利用することより, アスパラガスの定植における作業性の改善を目的とし, 習熟者 1 名と, 新規就農者を意識した初心者 1 名を被験者として, 定植作業の改善効果を調査した。その結果, 新規ホーラーを利用した新規法は, 慣行法に比べて, 習熟者, 初心者ともに, ホーラーによる植穴の作成時間, 苗の定植時間および定植に関わる全体の作業時間が有意に減少した。このことから, 新規法は, 作

業者の習熟度が異なっても、アスパラガスの定植作業時間を短縮できることが明らかになった。この理由としては、本研究で用いた慣行法の7.5 cm 径のポット苗は1株当たりの容量が約220 mLであるのに対し、新規法の200穴セル成型苗は1株当たりの容量が約25 mLとサイズが小さく軽量になり、苗の持ち運びや定植作業が容易になったことが一因として挙げられる。また、慣行法では慣行ホーラーを地面に突き差し、畝内の土をつかんで外に放出することにより植穴を作成するのに対し、新規法では新規ホーラーを直接地面に突き差し動作のみで植穴を作成できることが、植穴の作成時間を大きく短縮したものと考えられる。セル成型苗の定植作業時間に関する研究としては、セイヨウカボチャ‘えびす’を用いたセル成型苗がポット苗に比べて苗の定植作業時間を短縮でき、運搬作業を軽減できたという報告がある(杉山ら2006)。また、‘TC2A’におけるセル成型苗の定植作業時間は、ポット苗に比べて約43%に短縮され、比較として用いた‘えびす’でも同様に約46%に短縮された(辻ら2011)。本研究のアスパラガスにおいても、新規法におけるセル成型苗の定植作業時間は、慣行法におけるポット苗の定植作業時間に比べて習熟者で約63%、初心者で約39%に短縮され、既報(杉山ら2006, 辻ら2011)と同様の結果が得られた。

作業姿勢の比較においては、習熟者が新規法で定植した場合、慣行法に比べてAC3の発生割合が明らかに低くなり、作業負担が軽減されることが明らかになった。この理由としては、膝を大きく曲げずに苗を定植することが可能となったためである。前述のとおり、セル成型苗はポット苗に比べて軽量であることから、従来のような、しゃがんでポット苗を定植する作業姿勢ではなく、新規ホーラーで作成した植穴に対して立ったままの姿勢でセル成型苗を落とすことにより定植することができる。そのため、習熟者では、定植作業時間が大幅に短縮され、できるだけ早期に改善すべきとされる作業負担度であるAC3の発生割合および発生回数も大きく減少した。一方、初心者では、各ACの発生割合は習熟者と異なり、新規法が慣行法に比べてAC3の割合が高いという結果となった。この理由としては、初心者が慣行法において地面に膝をついて定植作業を行ったため、AC2の発生割合および発生回数が増えたこ

とが主な要因として挙げられる。地面に膝をついた定植作業は、作業速度が遅く、多くの定植作業時間を要したものの、OWAS法ではAC3に比べて作業負担が少ないAC2の作業姿勢に分類された。そのため、初心者では、作業姿勢の解析ソフトの評価基準上で、AC3より作業負担度が低いAC2が多く発生した。しかし、発生回数の観点から評価すると、新規法では、慣行法に比べてAC2の発生回数が有意に少なく、AC3の発生回数は慣行法と新規法との間に有意差は確認されなかった。加えて、新規法のAC1の発生回数および合計のAC発生回数は慣行法に比べて有意に少なかったことから(いずれもU検定で $P<0.05$)、総合的に見れば、新規法の方が作業負担は低いものと考えられる。このように、新規ホーラーを利用することにより、初心者でも同様に作業負担の軽減効果があることが明らかになった。しかし、本研究は熟練度の異なる2名の被験者のみの調査であるため、今後は被験者数を増やして試験を行うことにより、新規ホーラーの作業負担の軽減効果がさらに明確になると考える。

株養成量の比較では、新規法は慣行法と同等の株養成量が得られた。また、2014年の試験の株重においても、新規法と慣行法との間に有意差がなかったという結果が得られている(清水ら2015a)。既報(酒井ら1991)では、株養成量が若茎の収量に影響するとされることから、本研究の株養成量の数値から判断して、新規法による定植は、育苗日数が短い小苗にも関わらず、株養成量は慣行法と有意差がなかったため、実際に収量調査は行っていないものの、新規法で定植した場合も、慣行法で定植した場合と同等の収量が得られる可能性があると考えられる。この理由としては、新規ホーラーはセル成型苗を15 cm程度の深植えにすることにより(図2)、晩霜被害が発生するような早春期においても低温遭遇の影響が少なくなり(清水ら2015b)、定植直後の生育や根の活着が順調に進んだ可能性が考えられる。また、セル成型苗の初期生育において、成長した茎葉が通路側に倒れることがなく真っ直ぐ成長したため(達観調査)、萌芽が促進されたことも一因として挙げられる。伏せ込み促成栽培は、株養成期間を1年間とすることが多いが(小泉2007)、収量を高めることを目的に大株を養成するため、できるだけ早期に定植し、株養成期間を長くとることが

重要である(山口ら 2013)。小泉・中條(2008)は、8月に播種して9月に定植し、株養成期間を長くとり1年半株養成法を検討し、1年半株養成法は1年株養成法に比べて若茎の総収量が多いことを報告した。新たに開発した新規法は、植穴内の保温効果を有し(清水ら 2015b)、その効果によって霜害発生の危険がある慣行法では不可能な早期(早春)定植も実現できる可能性があり、本圃での株養成期間の延長による株養成量の増大(多収)効果も期待できる。

今後は、新規法に適する、深植え適性やセル成型苗直接定植の適性、耐寒性のある品種の選定、実際の若茎収量とその品質の検討などを行う必要がある。また、新規ホーラーにより作成した植え穴内の温度は、慣行法に比べて早春期における温度の低下が緩和された(清水ら 2015b)。さらに、2種類の異なるマルチを用いて調査を行ったところ、生育に差が認められた(石井ら 2014)ことから、低温期に地温を確保するためのマルチの色も今後検討していく必要がある。さらに、新規ホーラーの形状や重さなどを改良することにより、さらなる軽作業化および省力化が可能であると考えられる。

以上の結果、新規ホーラーによってアスパラガスの早期定植ができる可能性が示され、セル成型苗の直接定植は、アスパラガス伏せ込み促成栽培において有効であることが示唆された。今後は伏せ込み促成栽培以外の他の作型における利用の可能性についても検討していきたい。ところで、セル成型苗の直接定植に関する研究は、キャベツなどの葉菜類や果菜類などでも行われている(根岸・大島 2009, 山田・大江 1997, 吉岡 2007)ことから、今後はアスパラガスだけに限らず、他品目においても、新規ホーラーを利用したセル成型苗の直接定植や、早期定植による作型前進の可能性を検討していきたい。

引用文献

- 有馬 博・細井克敏・山岡浩一・石黒幸雄(1995): 開発した加工用トマト小型収穫機の構造と作業能率, 農作業研究 30(2): 111-120.
- 中央農業総合研究センター(1995): 青年による農業へのイメージ評価, <http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/narc/1995/narc95-2-215.html> (2015年1月22日閲覧).
- 藤原隆広・亀井雅浩・熊倉裕史・吉田祐子・窪田潤・内藤和男・高田健一郎(2006): ホウレンソウセル成型苗を利用した移植栽培への電動型半自動多条移植機導入による労働負担軽減効果, 農作業研究 41(1): 12-20.
- 石井葉菜子・清水 佑・松永邦則・浦上敦子・山口貴之・寺崎 亮・池浦博美・元木 悟(2014): アスパラガス栽培における早期定植のためのマルチの色の効果, 園芸学研究 13(別2): 459.
- 石川文武・小林 恭(1999): 労働科学とエルゴノミクス, 日本農作業学会編, 農作業学, 農林統計協会, 東京, pp. 54-70.
- 地子 立・志賀義彦・今野一男・田中静幸(2008): 伏せ込み促成栽培における遮光フィルム資材を用いたホワイトアスパラガス生産, 園芸学研究 7(2): 241-247.
- 地子 立・午来 博・中野英樹・市川伸次・松永邦則・三浦信一・杉原雄一・荒木 肇(2011): 北海道におけるグリーンアスパラガス伏せ込み促成栽培の品種特性, 園芸学研究 10(別2): 430.
- 金子賢一・鈴木雅人(2002): 抑制トマトのセル成型苗直接定植栽培における側枝2本仕立てが生育・収量・果実品質に及ぼす影響, 茨城県農業総合センター園芸研究所研究報告 10: 8-14.
- Karhu, O., Kansilä, P. and Kuorinka, I. (1977): Correcting working postures in industry: A practical method for analysis, *Applied Ergonomics* 8(4): 199-201.
- Karhu, O., Haerkoenen, R., Soeivali, P. and Vepsäläinen, P. (1981): Observing working postures in industry: Examples of OWAS application, *Applied Ergonomics* 12(1): 13-17.
- 北澤裕明・元木 悟・山崎 篤・浦上敦子(2012): アスパラガスの1年株における貯蔵根 Brix 値測定法の提案, 根の研究 21(1): 11-16.
- 小泉丈晴(2007): アスパラガスの生理生態と栽培技術, 第7回 伏せ込み促成栽培, 農耕と園芸 62(10): 176-181.
- 小泉丈晴・中條博也(2008): 伏せ込み促成アスパラガス栽培における1年半株養成法が茎枯病発生、根株および若茎の生育に及ぼす影響, 群馬県農業技術センター研究報告 5: 44-45.

- 前川寛之・桐山晴美・黒住 徹 (2000)：農作業の軽作業化に関する人間工学的研究, イチゴ栽培における栽培面の高さと作業姿勢について, 奈良県農業試験場研究報告 31；1-8.
- 皆川裕一・元木 悟・園田高広・浦上敦子・甲村浩之・池内隆夫・北澤裕明・松永邦則 (2013)：世界のアスパラガス生産の現状と展望 [21] 21. 国内および海外の品種動向と今後の方向性, 農業および園芸 88(9)；927-938.
- 宮寄朋浩・片岡正登 (2004)：イチゴ栽培システムにおける作業姿勢に基づく農作業の労働負荷測定および評価法の確立, 長崎県総合農林試験場研究報告 農業部門 30；29-39.
- 元木 悟 (2003)：アスパラガスの作業便利帳, 農山漁村文化協会, 東京, pp. 12-28.
- 元木 悟・西原英治・北澤裕明・平舘俊太郎・藤井義晴・篠原 温 (2006)：アスパラガス連作障害におけるアレロパシー回避のための活性炭の利用, 園芸学研究 5(4)；437-442.
- 元木 悟 (2008)：アスパラガスの高品質多収技術, 元木 悟・井上勝広・前田智雄編, 農山漁村文化協会, 東京, pp. 131-135.
- 根岸直人・大島一則 (2009)：トマトの促成長期どり栽培におけるセル成型苗直接定植法, 栃木県農業試験場研究成果集 27；14-15.
- 農林水産省 (2006)：第 6 節 作業環境改善, みやぎの野菜指導指針, pp. 320-329, http://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyohozen_type/h_sehi_kizyun/pdf/miyagi_yasai18_25.pdf (2015 年 1 月 22 日閲覧).
- 農林水産省 (2009)：平成 20 年度 食料・農林水産業・農村漁村に関する意向調査 高齢農業者の営農や地域活動への参画に関する意向調査結果, p 6, http://www.maff.go.jp/j/finding/mind/pdf/20090311_enquete1.pdf (2015 年 1 月 22 日閲覧).
- 農林水産省 (2013)：農家人口, 農業就業人口, 基幹的農業従事者数の推移, (2) 農家戸数, 農業就業人口, 農地等, 2 農業経済の動向, 第 2 部, 平成 25 年度版 食料・農業・農村白書 参考統計, 農林水産省編, 東京, p 114.
- 農林水産省大臣官房統計部 (2014)：平成 25 年度新規就農者調査, 農林水産統計, pp. 1-2, http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sinki/pdf/sinki_syunou_13.pdf (2015 年 1 月 22 日閲覧).
- 大石 毅・與座一文・屋良利次・棚原尚哉・宮城聡子・伊志嶺弘勝・伊山和彦・小祿博昭 (2010)：トウガン (*Benincasa hispida* (Thunb.) Cogn) の立体栽培と地這い栽培における収量と作業姿勢の比較, 沖縄県農業研究センター研究報告 4；32-35.
- 坂本隆行・越智資泰・田中昭夫・今井俊治 (2011)：アスパラガス全期立茎栽培における“母茎地際押し倒し法”が収量と収穫作業性に及ぼす影響, 園芸学研究 10(3)；375-382.
- 坂本隆行・越智資泰・菊池 豊・小林 恭・田中亨・尾崎行生 (2014)：アスパラガス全期立茎栽培における側枝誘引法の検討と長柄収穫ハサミ利用による作業性改善効果, 園芸学研究 13(別 2)；164.
- 酒井 亨・丸山 進・小沢智美 (1991)：アスパラガス促成栽培における収量構成要因の解明 (第 7 報) 促成栽培株の評価基準, 園芸学雑誌 60(別 2)；374-375.
- 沢田英一・羽根 義 (2002)：OWAS 法による建設作業負担の評価, 人間工学 38 特別号；522-523.
- 瀬尾明彦 (1995)：OWAS：Ovako 式作業姿勢分析システム, <http://www.nrec.sakura.ne.jp/OWAS.htm> (2015 年 1 月 22 日閲覧).
- 渋川 洋・井上明大・姫野修司・小松俊哉 (2014)：下水汚泥と稲わらの混合嫌気性消化によるバイオガス生産に向けた稲わら収集・運搬体系の検討—新潟県長岡地域における事例—, 農作業研究 49(2)；69-78.
- 清水 佑・石井葉菜子・松永邦則・浦上敦子・山口貴之・池浦博美・元木 悟 (2015a)：アスパラガスの伏せ込み促成栽培における早期定植の検討, 園芸学研究 14(別 1)；360.
- 清水 佑・松永邦則・元木 悟 (2015b)：アスパラガス伏せ込み促成栽培における新たに開発したホーラーを用いた作業性改善効果, 農作業研究 50(別 1)；19-20.
- 杉山 裕・長尾明宣・中野雅章 (2006)：セル成型苗定植栽培がセイヨウカボチャ(「えびす」)の収量性, 着果性および作業省力性に与える影響, 北海道立農業試験場集報 90；61-64.
- 但馬県民局 (2012)：農業新 3 K を目指すシンポジウムの開催—但馬農業を稼げて・感動あつて・かつこよく—, <http://web.pref.hyogo.lg.jp/>

governor/documents/g_kaiken20120604_08.pdf
(2015 年 1 月 22 日閲覧).

- Takala, R. P. and Kukkonen, R. (1987) : The handling of patients on geriatric wards : A challenge for on-the-job training, *Applied Ergonomics* 18(1) : 17-22.
- 武田 悟・本庄 求 (2005) : 促成アスパラガス養成株の掘り取り時期の判定, *東北農業研究* 58 : 189-190.
- 辻 博之・村上則幸・杉山慶太・杉戸智子・嘉見大助・大下泰生 (2011) : 短節間カボチャ 'TC2A' のセル成形成苗機械定植栽培による作業の省力化, *農作業研究* 46(2) : 59-67.
- 山田幸信・大江せき也 (1997) : メロンのセル成形成苗の実用化, *石川県農業研究成果集* 9 : 10-11.
- 山口貴之・元木 悟・小泉丈晴・松永邦則・渡辺慎一・前田智雄・浦上敦子・荒木 肇 (2013) : 世界のアスパラガス生産の現状と展望 [17] 17. 日本特有の「伏せ込み促成栽培」における現状と今後の方向, *農業および園芸* 88(5) : 571-578.
- 八巻良和・藤多健史・佐藤 健・宮崎正己・野呂影勇 (1993) : 平棚とY字形棚のブドウにおける作業姿勢の考察, *人間工学* 29 : 312-313.
- Yin Yin, N., Toyama, S., Akagawa, M., Yamada, M., Sotta, K., Tanzawa, T., Kikuchi, C. and Ogiwara, I. (2012) : Workload assessment with ovako working posture analysis system (OWAS) in japanese vineyards with focus on pruning and berry thinning operations, *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science* 81 (4) : 320-326.
- 吉岡 宏 (2007) : 植物の根に関する諸問題 [163] - キャベツセル成形成苗の定植後の根系発達とセル形状による制御 -, *農業および園芸* 82 (2) : 312-315.

Abstract

We have developed a new hole-maker to plant plug seedlings (grown in cell tray) directly in fields instead of larger pots. In the present study on the forcing cultivation of asparagus, a survey was conducted to examine increases in the efficiency of planting plug seedlings directly in fields using the above-mentioned hole-maker (new method), when compared to the efficiency of planting pot seedlings using a conventional hole-maker (conventional method), and assess the growth amount- an index of the yield. The time required for both inexperienced and experienced growers to plant asparagus using the new method was significantly shorter than that based on the conventional method. Postures during planting were also assessed using an OWAS method based on the frequency and rate of action categories (AC), and the level of improvement in the postures of experienced growers while planting asparagus using the new method was significantly higher compared to when the conventional method was adopted. While there was no increase in the frequency of AC when asparagus was planted by inexperienced growers, there was an increase in the number of AC. A shorter time was required to plant asparagus, which suggests that the burden of planting using the new method on inexperienced growers is less than that when the conventional method is used. Although the plug seedlings used for the new method were smaller than the pot seedlings used for the conventional method, there were no significant differences in the growth amount of root stock between the two methods in autumn. Therefore, the same asparagus yield can be obtained using the new method and conventional method.

Key Words

Asparagus officinalis L., hole-maker, planting, plug seedling, workability