研究論文

簡易移植機を利用したワケギ球根の 植付方法の開発とその実用可能性

川口岳芳*・南田秀樹**・川本靖信**・佐藤彩佳**

* 広島県立総合技術研究所農業技術センター

** 日本甜製糖株式会社

Development of a Planting Method for *Allium* × *wakegi* Araki Bulbs
using a Simplified Transplanter and its Practicality

Takeyoshi KAWAGUCHI*, Hideki MINAMIDA**, Yasunobu KAWAMOTO** and Ayaka SATOU**

* Hiroshima Prefectural Technology Research Institute Agricultural
Technology Research Center

** Nippon Beet Sugar Manufacturing Company Limited

要旨

広島県の特産野菜であるワケギ栽培において、球根の植付作業は、中腰、手作業での辛い作業であることから、軽労・省力・効率化が求められている。そこで、長ネギ用の簡易移植機を利用した新たな球根の植付方法を考案した。植付方法の作業工程は、水稻育苗箱に展開した連結紙筒に球根を装填し、上から培地を充填する。次に、連結紙筒を浸漬し糊を溶解させ、簡易移植機に装着して引っ張る。植え付け前に連結紙筒へ装填が可能な球根割合は、収穫した球根の90%以上を占めたことから、連結紙筒が本植付方法に利用可能であることが示された。連結紙筒の糊を溶解させるための浸漬時間は、水温が30℃では22分、20℃では35分、10℃では43分であった。本方法によるワケギの生育および収量は、慣行の手植えと同等であったことから、営利栽培への実用可能性が示された。しかし、簡易移植機の既存機種での球根

の植え付けは、植え付け深さの不均一、植え付け時の球根の転倒および機体への引っかかりが生じたことから、今後この問題を解決するために新たな機構の開発や改良を行い、球根の植え付けに対応した新機種を開発する必要性が示唆された。

キーワード

機械、球根、軽労、定植、ワケギ

1. 緒言

ワケギ (*Allium* × *wakegi* Araki) は、ニンニクやラッキョウと同様に東洋在来ユリ科ネギ属に分類され、古くから中国や東南アジアで栽培されている (田代 1984)。柔らかい肉質、甘味と独特な香りを有し、イカ、タコや貝類等と酢味噌で和えた「ぬた」やふぐ料理の薬味として親しまれている。ワケギは、ネギとシャロットの雑種第一代 (田代 1984) で種子の稔性が無いため、その生産は鱗茎 (以下、球根) を利用した栄養繁殖により行われている。球根の形状は、ラッキョウやニンニクと比較し個体差が大きいが、1球が栽培中に数十に分球する旺盛な増殖力を有する。

広島県では、明治時代からワケギが栽培されており (長谷川 1990a)、全国でも有数の産地である。従来は、秋季に球根を植え付け、翌年の春季に収穫する作型が主流であり、夏季に収穫するために

平成 25 年 4 月 25 日受付

平成 26 年 4 月 26 日受理

Corresponding author

川口岳芳 Takeyoshi KAWAGUCHI

〒739-0151 広島県東広島市八本松町原 6869

6869, Hara, Hachihonmatsu, Higashi-hiroshima, Hiroshima
739-0151, Japan

E-mail : t-kawaguchi86668@pref.hiroshima.lg.jp

2月から3月に掘り上げた球根を3月から5月に植え付けても、自発休眠により萌芽しないため栽培が不可能であった。これについては、減圧吸水処理による休眠打破技術（長谷川ら1981, 1991）が開発され、春季に植え付ける初夏どり栽培が可能となった。これにより周年栽培体系が確立され、1999年の広島県の販売量は、2,788t（広島県野菜振興協会2004）で最大に達し、現在でも全国一の生産量を誇る。

しかし、広島県の農業従事者の平均年齢は、70.4歳（農林水産省2011）で全国平均より4.6歳高く、ワケギ産地においても同様で、販売量や栽培面積は減少傾向にある（広島県園芸振興協会2012）。また、産地の1戸当たりの平均経営規模は10～30aであり、傾斜地の圃場も含め一筆が3～5aの小規模な圃場が多く点在する。

ワケギ栽培における主な作業は、球根の植え付け、病虫害防除のための薬剤散布、収穫および出荷前の収穫物調製である。球根の植付作業は、長町（1995）のつらさ指数と動作内容および姿勢において、つらさ指数が10である中腰により手作業で1球ずつ行う。特に栽植密度の高い夏どり栽培では、株間が10cmと短いことから植え付け時には立ち姿となることなく中腰姿勢が継続し、球数は10a当たり5万（条間20cm×株間10cm）におよぶ（川口ら2007a, 岡田ら2010）。

そこで、2005年に県内のワケギ栽培農家に対して、植付作業の軽労・省力・効率化への方向性を決定するため、アンケート調査（回答数185件、回収率51%、データ省略、未発表）を実施した。その結果、栽培作業について「経費の削減」よりも、「軽労化・省力化」を望む回答が多かった。さらに、経営規模が10a以下では50%以上、50a以上では80%以上が「作業の機械化」を望んでおり、機械開発の重要性および緊急性が明らかになった。

この結果から、産地の維持および拡大のための対策の一つとして、作業の軽労・省力・効率化を図る機械化が有効と考えられた。

そこで、機械に求められる条件を小型、安価かつ操作が簡易であることとし、簡易移植機を利用した新たな球根植付方法の実用性を検討した。その過程において、簡易移植機の既存機種について球根の植え付けに対応可能とするための改良点を抽出し、新機種開発のための見通しを得たので報告する。

2. 材料および方法

ワケギの球根は種子と異なり、発根部である盤茎を下にして植え付ける必要がある（図1）。しかし、形状や大きさが異なる球根を機械で確実に上下方向を認識して植え付けることは非常に困難である。また、全自動移植機などの高性能農業機械や半自動移植機の開発は産地の経営規模では利用規模下限面積（広島県2011）を下回り、加えて従来行わない畦立てが必要となる。セルトレーなどで育苗し、移植する植付方法も検討したが、従来は行っていなかった育苗作業の工程が新たに生じるため不適と判断した。

そこで、従来の中腰手作業で行う植付作業（図2）に対し、既に長ネギなどの苗用の移植機として全国的に普及している簡易移植機（ひっぱりくん[®]、日本甜菜製糖、図3A）を利用した球根の植付方法を検討した。

図1 ワケギの鱗茎

図2 ワケギ球根の植付作業

図 3 簡易移植機 (A) と展開前の連結紙筒 (B)

その結果、図 4 に示すとおり、新たな球根の植付方法を考案した。本植付方法の作業工程は以下のとおりである。

作業工程 1：連結紙筒（チェーンポット[®]，日本甜菜製糖，図 3B）に「展開串」を挿入する（図 4A）。

作業工程 2：水稻用育苗箱に連結紙筒を展開し、葉身部および古い根を切断した球根の盤茎を下にして装填する（図 4B）。

作業工程 3：球根の上から培地を充填する（図 4C）。

作業工程 4：水稻用育苗箱を浸漬し、糊を溶解させる（図 4D）。

作業工程 5：簡易移植機に水稻用育苗箱を装着し、後ろ向きに引っ張る。連結紙筒が一行に展開し、植え付けが可能となる（図 4E, F, G）。

作業工程 1～5 は、長期間の育苗を要する苗の移植と比較して短時間の作業であり、作業工程 2 および 3 を植え付けの準備作業として行うことで即日の植え付けが可能である。

本植付方法に用いる連結紙筒は、六角形の紙筒が連結しており、使用前には連結部分の紙が折り畳まれ、糊で接着されている（図 5）。この糊は、育苗時の灌水により溶解することから、移植時には一行に容易に展開できる。また、連結部分の長さは、移植時の株間となる。

栽植密度が高い夏季から秋季の慣行の作型では、株間が 10～15 cm であることから、利用する

連結紙筒はポット間隔が 10 cm および 15 cm の LP303-10 および LP303-15（264 穴、口径 3 cm×高さ 3 cm）とした。

連結紙筒への球根の装填は手作業であるが、従来植え付けの準備作業として行われる葉身部および古い根の切断作業と併せて座位姿勢で行うことで、軽労化と効率化が図られると考えられた。本報で用いた 264 穴の連結紙筒 1 冊への球根の装填に要する時間は、約 7 分であった（データ省略）ことから試算すると、1a に植え付ける最大の球根数（5,000）の装填には 19 冊必要で、球根の装填時間は 2 時間余りとなる。

簡易移植機の本来の利用方法である長ネギの移植では、展開した連結紙筒に培地を充填後に播種し、一定期間育苗するため、移植時には根鉢が形成され筒状のポットからの苗の脱落はない。また、育苗期間中の灌水により、連結紙筒の糊は移植時には既に溶解しており一行に展開する。

これに対し、考案した球根の植付方法では、球根を連結紙筒に装填後、根鉢が形成されないまま植え付けるため、植え付け時に連結紙筒からの球根の脱落が想定された。そこで、連結紙筒に球根を装填後、ポットの隙間に培地を充填することで球根の脱落を防ごうとした。また、球根を連結紙筒に装填後、育苗を行わず直ちに植え付けるため、連結紙筒の糊が十分溶解せず、植え付け時に連結紙筒が一行に展開しないことが想定された。そこで、連結紙筒の糊を溶解させるため、植え付け前に浸漬の工程を新たに設けた。この作業工程は、水を入れたコンテナの設置場所や水量を工夫することで、作業者の負担増にはならないと判断された。

これらについて、本方法へのワケギ球根の適用性を明らかにするため、以下の実験 1～3 を実施し、球根の植え付けに対応した新機種の開発に資することとした。

1) 実験 1 連結紙筒に装填可能な球根の大きさの検討

簡易移植機を利用したワケギ球根の新たな植付方法が実際の栽培に利用できるかを判断するため、球根掘り上げ直後の 6 月に本植付方法で利用する連結紙筒への装填が可能なワケギ球根の割合を検討した。

2008 年 5 月 23 日に広島県立総合技術研究所農業技術センター（広島県東広島市八本松町）のビ

A 連結紙筒に「展開串」を挿入し展開する

E 水稲用育苗箱を簡易移植機に装着する

B 水稲用育苗箱に連結紙筒を展開し球根を装填する

F 連結紙筒の端を引き出し土壌に固定する

C 球根の上から培地を充填する

D 水稲用育苗箱を20～40分水に浸し、連結紙筒の糊を溶解する

G 簡易移植機を引っ張ることで溝切り、植え付け、覆土が同時にできる

図4 簡易移植機を利用した球根の植付方法

図5 連結紙筒の構造
ポット間の細線には糊が付着されている

ニルハウス内で栽培したワケギ「広島1号」(系統名:下関)の球根を掘り上げ、軒下に吊り下げた後、6月13日に無作為に100球抽出し、重量およ

び直径を計測した。

その後、夏どり栽培での株間である10cmで植え付けが可能な連結紙筒(LP303-10, 264穴、口径3cm×高さ3cm)への装填の可否を調査した。

2) 実験2 連結紙筒の浸漬時の水温が糊の溶解時間に及ぼす影響

簡易移植機を利用して定植するためには、接着された連結紙筒の糊を溶解し展開する必要がある。連結紙筒の従来の利用方法では、育苗期間中の灌水により連結紙筒の糊が溶解するが、育苗を行わない本植付方法では、一定時間の浸漬により

糊を溶解させる。そこで、連結紙筒の糊を溶解させるための浸漬作業工程（図 4D）について、浸漬時の水温と糊の溶解時間との関係を調査した。

連結紙筒を浸漬する水温は、20℃、30℃および 40℃（以下、20℃区、30℃区および 40℃区）とした。2008 年 3 月 9 日、11 日および 16 日に、広島県立総合技術研究所農業技術センター内において、容量 85 L (W55 cm × L85 cm × H19 cm) のプラスチック製コンテナに各温度の水を深さ約 10 cm まで入れた。水稻用育苗箱 (W30 cm × L60 cm × H3 cm) に展開した連結紙筒 (LP303-10) に育苗培地 (N : P₂O₅ : K₂O = 150 : 1,000 : 150 mg · L⁻¹, チッソ旭) を充填した後、各温度の水に浸漬し糊の溶解時間を調査した。糊の溶解時間は、浸漬開始から浸漬中の連結紙筒を手指で開き、抵抗無く展開するようになった時点までの時間とした。調査は、各調査日に全ての温度水準について 1 回ずつ実施し、3 日で 3 反復とした。

3) 実験 3 球根重量と培地の充填が植え付け精度および生育に及ぼす影響

簡易移植機によりワケギ球根を植え付け、その後の生育に及ぼす影響を明らかにし栽培面からの実用可能性を判断するとともに、簡易移植機を球根の植え付けに対応させるための問題点および改良点を調査した。

ワケギ広島 1 号^{*}の球根を重量 3～5 g 未満（以下、小球区）、5～8 g 未満（以下、中球区）および 8～12 g 未満（以下、大球区）に分類した。2012 年 7 月 13 日に前記の水稻用育苗箱に展開した連結紙筒 (LP303-10) へ各処理区の球根を装填し、上から培地を充填した区（以下、培地あり区）および充填しない区（以下、培地なし区）を設けた。また、対照として慣行と同様に球根の 2/3 程度を土中に埋める手植え区を設けた。

広島県立総合技術研究所農業技術センターのビニルハウス内において、各処理区の連結紙筒を平均 30℃で 30 分間浸漬した後、簡易移植機（ひっぱりくん[®]HP-6、日本甜菜製糖）で植え付け、連結紙筒からの球根の脱落、植え付け深さ、機体の植え付け溝（2 枚の「苗ガイド板」の間、図 6A,B）への連結紙筒の引っかかりおよび転倒について調査した。

なお、植え付け時の球根の脱落は、球根が機体上および土壤表面で連結紙筒から外れた状態とした。植え付け深さは、土壤表面と連結紙筒上辺と

図 6 植え付け溝の苗ガイド板
(A) 上からの写真と (B) 先端からの写真

の距離とし、連結紙筒の上辺が土壤表面より上の場合は「+」、下の場合は「-」表示とした。植え付け溝への連結紙筒の引っかかりは、連結紙筒が植え付け溝となる「苗ガイド板」間に引っかかり切れそうになった状態、転倒は連結紙筒が「苗ガイド板」間で転倒した状態とした。

圃場への施肥は、土壤の pH が 6.1、EC が 0.96 ds/m であったため行わなかった。栽培中の灌水開始点は、畦面から深さ 10 cm の土壤水分張力が pF 2.1 に達した時点とし、点滴チューブを用いて 1 回当たり 5 mm に相当する量を灌水した。栽植密度は、ポット間隔を 10 cm の連結紙筒 (LP303-10) を用いて条間 20 cm で 1a 当たり 5,000 株とした。

萌芽日と植え付け 5 日後の発根状況を調査し、収穫適期である草丈 40 cm に達した 8 月 13 日に生育状況を調査した。収量に相当する調製重は、株を掘り上げて分割後、枯死した葉身を除去し、根を約 1 cm 残して切除した株を計測した。なお、調製した株から盤茎を除去した部位が可食部となる。鱗茎の肥大程度を表す指数として、葉鞘基部の最大横径を最小横径となる交合部径で除した値で表した（加藤 1963）。各調査における 1 区当たりの標本数は、球根の脱落率、植え付け深さ、連結紙筒の引っかかりおよび転倒については 48 球、発根状況については 10 株としそれぞれ 3 反復とした。萌芽および収穫適期の生育は、植え付け時に球根の脱落、紙筒の引っかかりおよび転倒がなく植え付け深さが ±15 mm 以下の球根について 20 株の 3 反復で調査した。植え付け精度、球根植え付け後の萌芽、発根および生育の統計処理は、Excel 統計 Ver5.0（エスミ）を用いて植付

方法，培地の充填の有無および球根重量について t 検定，分散分析および Tukey 法により検定した。

3. 結果および考察

1) 実験 1 連結紙筒に装填可能な球根の大きさの検討

本実験に供試した球根の重量は 3.3～17.5 g，直径は 16.2～34.8 mm であり，球根の重量 (yg) と直径 (x mm) は一次回帰式 $y = 0.70x - 7.84$ ($R^2 = 0.745$) に近似した (図 7)。この回帰式では，実際の作業工程 2 (図 4B) の連結紙筒への装填が可能な球根の重量は 15 g 以下かつ球根の直径は 31 mm 以下であり，使用した連結紙筒の規格である口径 30 mm とほぼ一致した。また，装填が可能な球根の割合は，調査した球根の 94% を占めた。このことから，供試した連結紙筒は本植付方法に利用可能であることが示された。

産地で最も栽培面積が多い春どり栽培は，秋季に植え付けた球根を翌年の春季に掘り上げ貯蔵し，再び秋季に植え付ける。掘り上げた球根は，軒下に吊り下げて貯蔵するが，植え付け前には古い根と葉身を切除する。貯蔵中の球根の重量は，呼吸消耗により減少し，秋季には春季の掘り上げ時と比較して約 40% まで低下する (川口ら 2007b)。本報では，掘り上げて間もない 6 月に球根の連結紙筒への装填の可否を検討している。6 月以降に植え付ける夏どり栽培，秋どり栽培および春どり栽培では，貯蔵中の呼吸消耗によりさらに球根の重量が減少し球径が小さくなると考えられる。このことから，連結紙筒に装填が可能な球根割合は

図 7 ワケギ球根の重量と直径との相関関係および連結紙筒への装填可能性

本実験と同等以上の数値となると推測された。

さらに，ワケギの分けつ機構はネギと同様とされ (長谷川 1990b)，球根の葉鞘内で分球しているため葉鞘を一枚除去した後あるいはそのまま分割することができる。本実験では球根を分割していないが，球根の直径 31 mm を目安とし，これを上回る球根についても，分割を行うことで紙筒への装填が可能となると判断された。

2) 実験 2 連結紙筒の浸漬時の水温が糊の溶解時間に及ぼす影響

浸漬処理中の水温は，各処理区の設定温度 $\pm 2^\circ\text{C}$ を維持した (データ省略)。連結紙筒の糊の溶解時間は， 30°C 区が 21.6 分で最も短く，次いで 20°C 区が 34.6 分， 10°C 区が 43.3 分であり，水温による明確な差が見られた (図 8)。

このことから，長ネギのように育苗して移植する連結紙筒の利用方法とは異なり，球根を装填した直後に植え付ける方法においては，連結紙筒を一定時間水に浸漬し，糊を溶解させることで植え付け時に展開可能となることが明らかとなった。

本実験では，植付作業を効率的に行うことを目的として，連結紙筒の糊を溶解させるための浸漬作業工程の時間短縮の可能性について検討した。その結果，水温が 30°C では約 22 分間， 20°C では約 35 分間， 10°C では約 43 分間連結紙筒を浸漬すれば糊が溶解し，速やかに植付作業を行うことができる判断された。これら本実験での処理温度は，3 月から年内の植え付け時期における井戸水の水温を想定しており，営利栽培における植え付け時期の水温に応じた浸漬時間の目安となると考えられた。

図 8 水温が連結紙筒の糊の溶解時間に及ぼす影響
図中の垂線は標準誤差 (n=3) を示す

浸漬時の水温および浸漬時間が球根植え付け後の生育に及ぼす影響については、本実験より低温かつ長時間の0℃、4日間の冷水への浸漬がワケギの休眠打破に有効であり、植え付け後の生育が優れることが報告されている（小林ら1993）。また、秋季に植え付け翌春に収穫する春どり栽培において、球根の植え付け後、氷点下となる冬季に葉身の伸長や分けつが停滞するが枯死せず、気温の上昇とともに第二次生育期へ移行することからも、本植付方法でのワケギ球根の10℃、43分の浸漬処理は、植え付け後の生育に悪影響を及ぼさないと推測された。

一方、30℃以上の水温の浸漬処理については、ワケギと同じユリ科に属するテッポウユリやスカシユリでは、それぞれ休眠打破（小林2004）や切り花品質の向上（坂井ら1993）を目的とした40℃、30分間以上の温湯浸漬処理が実用化されている。ワケギの夏どり栽培では、球根は既に休眠覚醒しており、植え付け後の栄養成長量が収量となる。しかし、栽培期間中の長日により収穫、出荷に至

るものの鱗茎が肥大、葉身伸長が停滞し、高温がこれを助長する（長谷川ら1979）。本植付方法での30℃、22分間の球根の浸漬処理は、栽培期間中の高温に遭遇する期間と比較すると著しく短い。植え付け後の生育に悪影響を及ぼすことが懸念された。

さらに、球根の浸漬による植え付け後の生育については、これまで球根の休眠打破を目的とした減圧吸水処理技術（長谷川ら1981, 1991）が実用化されていることから悪影響は無いと考えられる。これらのことから、実験3の植え付け時の水温が高い夏どり栽培において、浸漬作業工程を含めた本植付方法がその後の生育に及ぼす影響を明らかにし、営利栽培への利用が可能か判断することとした。

3) 実験3 球根重量と培地の充填が植え付け精度および生育に及ぼす影響

植え付け時の連結紙筒からの球根の脱落は、培地あり区ではみられず、培地なし区では小球区、中球区、大球区の順に多かった（表1）。このこと

表1 簡易移植機を利用した球根植え付けにおける球根重量と培地の充填が植え付け精度に及ぼす影響

培地の充填	球根 ^z 重量	脱落率 ^y (%)	植え付け深さ ^x (mm)				連結紙筒の ひっかり ^v (回/4.8m)	連結紙筒の転倒 ^u (回/4.8m)
			最大値	平均値	最小値	範囲 ^w		
なし	小球	16.1	16.0	6.2	-19.3	29.3	0	2.0
	中球	7.6	18.7	2.4	-19.3	31.0	0	1.7
	大球	1.4	19.7	0.6	-12.3	29.0	1.0	0
あり	小球	0	17.7	1.2	-13.0	29.3	0	1.7
	中球	0	23.3	2.3	-12.3	42.7	0	2.7
	大球	0	17.0	-0.6	-9.7	37.0	2.0	0
【各要因別の平均値】								
なし		8.4	18.1	3.1	-11.7	29.8	0.3	1.2
あり		0	19.3	0.9	-17.0	36.3	0.7	1.4
(統計処理 ^s)	小球	8.1a ^t	18.3	3.7	-11.0	29.3	0	1.8
	中球	3.8ab	21.0	2.3	-15.8	36.8	0	2.2
	大球	0.7b	16.8	0.0	-16.2	33.0	1.5	0
(統計処理 ^s)								
培地の充填		** ^r	NS	NS	NS	NS	NS	NS
球根重量		*	NS	NS	NS	NS	NS	NS

^z 小球：3g以上5g未満，中球：5g以上8g未満，大球：8g以上12g未満

^y 植え付け時に連結紙筒から機体上および土壌表面に脱落した球根の割合

^x 植え付け後の連結紙筒の上辺と覆土の表面間の距離

^w 植え付け深さの最大値と最小値の差

^v 植え付け時に連結紙筒が「苗ガイド板」間にひっかかった回数

^u 植え付け時に連結紙筒が「苗ガイド板」間で転倒した回数

^t 同一の英小文字を付した数値間には Tukey 法により有意差（ $P < 0.05$ ）が無いことを示す

^s 培地の充填は t 検定，球根重量は分散分析を行った

^r *は5%，**は1%水準で有意，NSは有意差が無いことを示す

から、連結紙筒へ球根装填後の培地の充填が、植え付け時の連結紙筒からの球根の脱落を防止し、その効果は小さな球根で顕著であることが示唆された。

植え付け深さの最大値、平均値および最小値は、処理による一定の傾向は見られなかった。植え付け深さのばらつきは、最大42.7mmであった。球根の高さは30~40mm程度であり、本実験での植え付け深さのばらつきはこれを上回った。このことは、極度の深植えや浅植えが生じることを示し、植え付け深さが深い場合は、球根が土中に埋まり萌芽が遅れ、逆に浅い場合は発根部分である盤茎が土壌表面に露出するために発根が遅れ、栽培期間が長期化すると考えられる。また、慣行のワケギの球根の植え付けは、全体を土中に埋め込まず、かつ発根時に球根が浮き上がって転倒しない様に、2/3程度を土中に埋める。

これらのことから、今後の球根の植え付けに対

応した新機種の開発において、ワケギ球根を慣行と同じ深さに植え付けるための溝切り部分（「溝切り器」）の高さの設定および土壌表面を均す機構の付加などによる植え付け深さの均一化に留意することが重要と考えられた。

連結紙筒の「苗ガイド板」間への引っかかりは、培地の有無に関わらず大球区のみで発生した。連結紙筒に装填した球根が大きいと、連結紙筒が機体から土壌表面に排出される際に「苗ガイド板」の間に挟まり、正常に連結紙筒が排出されず切れたためであった。簡易移植機の既存機種の「苗ガイド板」間の幅は、最小部分が26mmであった。実験2において、ワケギ球根の植え付けへの利用を想定している連結紙筒に装填可能な球根の直径は31mmであったことから、新機種では「苗ガイド板」間の幅を31mm以上とする必要があると判断された。

連結紙筒の転倒は、培地の有無に関わらず小球

表2 簡易移植機を利用した球根植え付けにおける球根重量と培地の充填が萌芽日および植え付け5日後の発根に及ぼす影響

植付方法	培地の充填	球根 ^z 重量	萌芽日数 (日)	根数 (本)	最大根長 (mm)	根重量 (g)
機械植え	なし	小球	5.3	10.4	4.7	0.11
		中球	7.0	9.6	4.2	0.10
		大球	6.4	9.8	4.3	0.10
	あり	小球	4.8	12.4	5.5	0.14
		中球	5.6	12.6	4.9	0.13
		大球	6.7	17.7	4.8	0.21
手植え（対照）		小球	5.4	10.2	5.0	0.09
		中球	5.1	9.6	4.1	0.09
		大球	5.9	11.5	4.6	0.14
【各要因別の平均値】						
機械植え			6.0	12.1	4.7	0.13
手植え			5.5	10.4	4.6	0.11
	なし		6.2	9.9b	4.4	0.11
	あり		5.7	14.2a	5.0	0.16
		小球	5.1b ^y	11.0	5.1	0.11
		中球	6.0ab	10.6	4.4	0.11
		大球	6.4a	13.0	4.5	0.15
(統計処理 ^x)						
植付方法			NS ^w	NS	NS	NS
培地の充填			NS	*	NS	NS
球根重量			**	NS	NS	NS

^z 小球：3g以上5g未満，中球：5g以上8g未満，大球：8g以上12g未満

^y 同一の英小文字を付した数値間にはTukey法およびt検定により有意差（ $P<0.05$ ）が無いことを示す

^x 植付方法および培地の充填はt検定，球根重量は分散分析を行った

^w *は5%，**は1%水準で有意，NSは有意差が無いことを示す

区および中球区で発生した。連結紙筒の転倒は、連結紙筒が機体から排出され、接地後、覆土までの間に発生することから、対策として「苗ガイド板」を延長し、覆土直前まで連結紙筒の姿勢を保持することが有効と考えられた。

萌芽日数は、植付方法および培地の有無に関わらず球根重量が小さいほど短かった（表2）。植え付け5日後の発根状況は、培地あり区で根数が大きかった。本実験では、球根装填後に充填する培地として、実験圃場のマサ土と比較し保水力の高い市販の育苗培地を使用しており、植え付け直後の盤茎周辺の水分状態が発根に促進的に作用したためと考えられた。

収穫時の調製重および分けつ数は、植付方法および培地の有無に関わらず球根重量が大きい区ほど大きかった（表3）。草丈は、対照区と比較して機械植え区で大きく、球根重量が大きい区ほど大きかった。交合部径は、処理による一定の傾向は見られなかった。葉鞘基部径は、植付方法および

培地の有無に関わらず球根重量が大きい区ほど小さかった。一般に、球根の貯蔵養分含量や球根内部で分化した芽数などは、球根の重量により異なり、ワケギと同じユリ科に属するスカシユリにおいても、球根サイズに比例した生育量を示すことが報告されている（藤原1992）。本実験においても、これと同様に球根重量が大きいほど成長が旺盛となったことから、植え付け時の球根の状態と植え付け後の成長との間には密接な関係があると考えられた。

一方、植付方法や培地の有無による成長の差は見られず、慣行の手植えと同等であった。鱗茎の肥大指数は、対照区と比較して機械植え区で小さかった。本実験での処理区における鱗茎の肥大程度の差は前述の日長や温度によるものではなく、連結紙筒の形状が収穫時にも維持されていたことから、栽培期間中に連結紙筒が物理的に鱗茎の肥大を抑制したためと考えられた。広島県内の生産者圃場での夏どり栽培では、長日と高温により鱗

表3 簡易移植機を利用した球根植え付けにおける球根重量と培地の充填が植え付け後の生育に及ぼす影響

植付方法	培地の充填	球根 ^z 重量	調製重 (g)	草丈 (cm)	分けつ	交合部径 (mm)	葉鞘基部径 (mm)	肥大指数 ^y	
機械植え	なし	小球	29.5	43.1	8.5	6.3	10.8	1.75	
		中球	40.5	45.4	12.5	6.7	10.2	1.55	
		大球	49.7	46.0	16.3	6.4	9.7	1.53	
	あり	小球	32.8	42.6	7.8	6.5	11.9	1.84	
		中球	41.9	44.4	12.7	6.5	10.6	1.63	
		大球	44.4	43.6	14.1	6.5	9.6	1.51	
手植え（対照）		小球	24.7	40.7	7.0	6.3	11.5	1.83	
		中球	37.5	41.5	12.0	6.1	11.1	1.84	
		大球	47.1	45.3	15.8	6.5	10.0	1.53	
【各要因別の平均値】									
機械植え			39.8	44.2	12.0	6.5	10.5	1.63	
手植え			36.4	42.5	11.6	6.3	10.8	1.73	
なし			39.9	44.9	12.5	6.4	10.3	1.61	
あり			39.7	43.5	11.5	6.5	10.7	1.66	
			小球	29.0c ^x	42.1b	7.8c	6.3	11.4a	1.81a
			中球	40.0b	43.8ab	12.4b	6.4	10.6ab	1.67b
			大球	47.1a	45.0a	15.4a	6.5	9.8b	1.52c
(統計処理 ^w)									
植付方法			NS ^v	**	NS	NS	NS	**	
培地の充填			NS	NS	NS	NS	NS	NS	
球根重量			**	**	**	NS	*	**	

^z 小球：3g 以上 5g 未満，中球：5g 以上 8g 未満，大球：8g 以上 12g 未満

^y 葉鞘基部径/交合部径

^x 同一の英小文字を付した数値間には Tukey 法により有意差（ $P < 0.05$ ）が無いことを示す

^w 植付方法および培地の充填は t 検定，球根重量は分散分析を行った

^v * は 5%，** は 1% 水準で有意，NS は有意差が無いことを示す

茎が肥大し品質が大きく低下することから（長谷川ら 1979），連結紙筒を利用した球根の植え付けにより鱗茎の肥大が抑制されることは新たな付加価値といえる。

以上から，簡易移植機と連結紙筒を利用したワケギの球根の植え付けは，つらい中腰姿勢を回避した立ち姿での作業が可能であった。正常に植え付けられた球根は，慣行の手作業で植え付けられた球根と同等の生育および収量を示したことから，営利栽培への実用可能性が示された。

しかし，簡易移植機の既存機種による球根の植え付けは，植え付け深さが不均一となること，植え付け時の球根の転倒および機体への引っかかりが生じることが問題となった。

このことから，今後，簡易移植機の既存機種を基本としこれらを解決する新たな機構に加え，小型，軽量化することで，ワケギ球根の植え付けに対応した新機種を開発することとした。

引用文献

- 藤原一道（1992）：スカシユリ抑制栽培における球根サイズと切花品質，東北農業研究 45；305-306。
- 長谷川繁樹・吉田隆徳・沖森 当（1979）：ワケギの栽培学的研究，第1報 生育特性と鱗茎の形成肥大について，広島農試報 41；35-50。
- 長谷川繁樹・吉田隆徳・沖森 当（1981）：ワケギの栽培学的研究，第2報 休眠覚醒に及ぼす高温処理の影響について，広島農試報 44；53-62。
- 長谷川繁樹（1990a）：ワケギ各作型での基本技術と生理，農業技術体系 野菜編 8-①，農山漁村文化協会，東京，pp.389-413。
- 長谷川繁樹（1990b）：ワケギ各作型での基本技術と生理，農業技術体系 野菜編 8-①，農山漁村文化協会，東京，pp.173-178。
- 長谷川繁樹・船越建明・桂 直樹・吉岡 宏（1991）：吸水処理によるワケギの休眠打破，園学雑 60；567-574。
- 広島県（2011）：特定高性能農業機械導入計画，<http://www.pref.hiroshima.lg.jp/uploaded/attachment/1547.pdf>（2013年7月22日閲覧）。
- 広島県野菜振興協会（2004）：広島野菜の振興方向，広島県，pp.18-19。
- 広島県園芸振興協会（2012）：野菜振興推進計画，広島県，pp.4-5。
- 加藤 徹（1963）：タマネギの球の形成肥大および休眠に関する生理学的研究，第1報 球の形成肥大の様相，園学雑 32；229-237。
- 川口岳芳・房尾一宏・前田圭治・橋本晃司・奥野林太郎（2007a）：ワケギ生産の機械化一貫体系に関する技術的可能性，農業工学関連 2007年合同大会要旨 CD-ROM 版。
- 川口岳芳・房尾一宏（2007b）：ワケギ種球の軒下吊り下げ貯蔵における遮光が種球劣化に及ぼす影響，園学研 6（別2）；571。
- 小林 保・桐村義孝（1993）：ワケギの種球先端剪除，冷水浸漬による休眠打破技術，兵庫中央農技研報 41；11-16。
- 小林泰生（2004）：切花生産 開花期，収量，品質を左右する要因と技術的対応，農業技術体系 花卉編 10，農山漁村文化協会，東京，pp.488-494。
- 長町三生（1995）：安全管理の人間工学，海文堂出版，東京，pp.104-105。
- 農林水産省（2011）：平成 23 年版食料・農業・農村白書，財団法人農林統計協会，東京，pp.227-232。
- 岡田牧恵・川口岳芳・川本靖信・佐藤彩佳・南田秀樹・橋本晃司・横山詔常（2010）：ワケギ球根植付作業の軽労・省力化を実現する球根対応植え付け機の作業性評価，園学研 9（別2）；513。
- 坂井康弘・小林泰生・谷川孝弘・近藤英和（1993）：スカシユリ系交雑品種の組織培養球根に対する温湯，低温処理が生育に及ぼす影響，福岡農総試研報 B-12；21-36。
- 田代洋丞（1984）：ワケギの起源に関する細胞遺伝学的研究，佐賀大農学部彙報 56；1-63。

Abstract

Planting work for *Allium* × *wakegi* Araki bulbs, a specialty vegetable from Hiroshima Prefecture, is harsh to the body since it is performed manually in a squatting position. Therefore, a reduction in labor effort and an improvement in planting efficiency are needed. A new method of bulb planting was developed using a simple transplanting machine for *Allium fistulosum* L. The process for planting is as follows. First, the bulbs

are loaded into a connected paper pot placed on a raising seedling box for rice, and filled with a culture medium. The connected paper pot is then immersed to dissolve the starch, loaded onto the transplanter and pulled. The authors conclude that the method is highly applicable to *Allium* × *wakegi* Araki, since the proportion of bulbs that can be loaded into the connected paper pot before planting is 94% of the cultivated bulbs. The immersion time to dissolve the starch was 22 minutes, during which the water temperature is approximately 30°C, 35 minutes, during which the water temperature is approximately 20°C and 43 minutes, during which the water temperature is approximately 10°C. High practicality was

indicated, given that the growth and yield of *Allium* × *wakegi* Araki was the same as for those bulbs grown using a conventional method. However, such as an uneven planting depth, felled bulb upon planting, and tangling in the machine, were encountered upon planting the bulbs with available machines. Therefore, these problems were designated as points of concern in the development of a new type of machine that is adapted to bulb planting.

Key Words

Allium × *wakegi* Araki, bulb, labor-saving, machinery, transplanting