

学位論文題名

バレイシヨの塊茎肥大計測装置の開発と利用に関する研究

学位論文内容の要旨

1. 背景および目的

バレイシヨは、わが国の重要なでん粉資源作物であるとともに北海道の基幹畑作物である。しかし、最近、海外からの輸入量増加などを背景に生産費の削減が迫られ、肥培管理の最適化等革新的な栽培技術の開発が望まれている。また、収益性を高めるため、収穫適期を的確に判断する技術の開発が求められている。これらのためには、バレイシヨの生育特性を知ることが必要であるが、地中にある塊茎の生育量を把握する手段が限られているため不明な点が多々ある。

そこで、本研究では、バレイシヨ塊茎の生育特性の解明に資するため、塊茎の肥大をリアルタイムかつ非破壊的に連続計測する塊茎肥大計測装置を開発し、これを利用してバレイシヨ塊茎の地中における生育過程を地上部の生育過程と結びつけて追跡調査する技術を確立することを目的とした。

2. 計測方式の検討

塊茎肥大計測装置の開発に先立ち、地中において生育する塊茎の肥大生長量をリアルタイムに連続的かつ非破壊的に計測する適正な手法を検討した。

北海道の代表的な生食用バレイシヨ品種である男爵薯を主たる対象に、塊茎の肥大方向の偏りを調査した結果、基部-頂部方向の塊茎直径はその直角方向の塊茎直径の最大値より大きく、肥大には偏りがあることが示された。さらに、計測方向が塊茎直径と塊茎質量との相関に及ぼす影響を調査した結果、基部-頂部方向を計ると塊茎質量との相関が高くなることが明らかとなった。

次に、計測方式として直径計測方式および周囲長計測方式を比較検討した。その結果、両方式とも、その値から塊茎質量を推定することは可能であるが、塊茎基部-頂部方向を計ることが条件であることが示された。しかし、この条件を満たすためには、塊茎基部のストロンを避けてセンサを接触させること、他のバレイシヨ塊茎の生育の妨げにならないように装置を設置すること、が必要であり、想定される装置の構造から周囲長計測方式だけが適していると判断された。

### 3. バレイシヨの塊茎肥大計測装置の開発

計測方式の検討結果に基づき、地中にあるバレイシヨ塊茎の周囲長を非破壊的かつ直接的に継続して計測できるバレイシヨ塊茎計測装置を開発した。開発の要件は、基部 - 頂部方向の周囲長計測であること、装置の設置が容易であること、バレイシヨ塊茎へのセンサの装着が容易であること、計測誤差が少ないこと、故障が少ないこと、である。開発した装置は、一本の支柱に、制御・記録部と計測部を固定した一体構造となっており、計測部は地中に埋設される。計測部を含めた装置の大きさは、高さ 250mm、幅 170mm、奥行 65mm、質量は 930g である。制御・記録部は、アナログ式変位計、データロガー、制御基板、リチウム電池により構成され、計測時には地上高約 200mm に位置する。計測にあたっては、手掘りにより塊茎を露出させ、変位計から延びるワイヤを塊茎に巻き付ける。塊茎周囲長の膨縮をワイヤの伸縮としてとらえ、さらに電圧に変換して任意の時間間隔で自動記録する。計測分解能はおよそ 0.13mm、計測可能な周囲長の増加量は 127mm である。ワイヤは、変位計内のバネにより 0.8~1.2N の力で常に塊茎を締め付けているので、塊茎の収縮時にも緩むことはなく継続的に計測できる。計測部の設置位置は、上下および塊茎に対して前後方向に微調整できる構造とした。また、変位計への印加電圧は電池の消耗や気温の変化により変動し、計測誤差の原因となる可能性があるため、印加電圧と変位計から出力される出力電圧の 2 つの電圧を計測し、その比を利用して電圧変動を補償した。

植え付け後 60 日目のバレイシヨを供試して計測を行った結果、塊茎計測装置による計測値と、実測値の差は 1mm 未満、実測値に対する計測誤差は 0.2% から 4.0% とわずかであり、地中部の生育情報収集手段として有効と判断された。

### 4. バレイシヨ塊茎肥大と地上部の生育および気象要素との関係

塊茎肥大計測装置によるバレイシヨの塊茎肥大計測と同時に地上部の生育情報および気象情報を同時に取得し、両者の関係を時系列的に捉えることを試みた。地上部の生育情報として、非破壊的に計測でき、かつ、植物の生育状況をよく表す指標として茎径、茎長および植物を直上から撮影した際の地表面積に占める植物体の投影面積の割合である植被率を計測対象とした。同時に、地上部の生育経過として、萌芽・着蕾・開花期、茎葉黄変期、茎葉枯ちよう期等生育ステージの変遷を目視により観察した。茎径計測においては、直動型変位計を用い、高さの異なる 3 点を同時に計測できる接触式茎径計測装置を試作し供試した。茎長は物差しで計測した。植被率計測にあたっては、バレイシヨ 1 株を直上 200 cm(地上高)の高さから、120 cm×120 cm(地表面)の撮影範囲で毎日定時に撮影した。

茎径と塊茎周囲長の同時計測を行った結果、茎葉の枯ちようが始まり、地際部の

茎径の収縮が緩やかになる時期と塊茎周囲長の肥大が停止する時期は概ね一致していた。茎径の計測位置3点、地上高3 cm, 25 cm, 50 cmのうち、塊茎の肥大開始および停止時期に最も強く連動しているのは、地上高3cmの位置であった。また、塊茎の急速な肥大期間における塊茎周囲長の増加速度は最大で4.3mm/dayであった。

植被率と塊茎周囲長との同時計測では、植被率は茎葉部の黄変が始まる前にピークに達し、枯ちょうの前後にかけて急速に低下するが、塊茎周囲長は、黄変期に増加が著しく、枯ちょう期になると肥大をほぼ停止した。茎長は、植被率の増減とほぼ同様の推移を示した。

気象情報は、日射量、気温、地温、降水量を検討対象とした。周囲長の変化量が3日間連続して前日比 $\pm 0.5$  mm以内となったとき、その最初の日を塊茎肥大収束日と定義し、植え付け日および萌芽日から塊茎肥大収束日までの積算日射量、積算気温、積算地温を明らかにした。塊茎が急速な肥大を開始する前には降雨による肥大反応がみられたが、肥大収束後は確認されなかった。

以上、バレイシヨ塊茎計測装置を開発し、塊茎の生長を、茎径、茎長、植被率等の地上部の生育情報および気象情報と関連付けながら継続的に直接計測できることを実証した。これまでに、バレイシヨ塊茎の肥大時期、肥大期間、肥大速度、肥大量を継続的に直接計測した例はなく、本装置の利用は、バレイシヨの生育特性の解明、ひいては肥培管理の最適化等生産技術の高度化に有用である。また、本装置は塊茎の肥大から収束までを捉えることができるので、収穫適期判定の高精度化に活用できる。

# 学位論文審査の要旨

主 査 教 授 柴 田 洋 一  
副 査 特任教授 近江谷 和 彦  
副 査 准教授 片 岡 崇  
副 査 准教授 岸 本 正  
(岩手大学大学院連合農学研究科)  
副 査 講 師 岡 本 博 史

## 学位論文題名

### バレイショの塊茎肥大計測装置の開発と利用に関する研究

本論文は5章からなり、図82、表16、文献68を含む154頁の和文論文であり、別に参考論文1編が付されている。

#### 1. 背景および目的

北海道の基幹畑作物の1つであるバレイショは、近年、海外からの輸入量増加などを背景に生産費の削減が迫られ、肥培管理の最適化等革新的な栽培技術の開発が望まれている。また、収益性を高めるため、収穫適期を的確に判断する技術の開発が求められている。これらのためには、バレイショの生育特性を知ることが必要であるが、地中にある塊茎の生育量を把握する手段が限られているため不明な点が多々ある。

そこで、本研究では、バレイショ塊茎の生育特性の解明に資するため、塊茎の肥大をリアルタイムかつ非破壊的に連続計測する塊茎肥大計測装置を開発し、これを利用してバレイショ塊茎の地中における生育過程を地上部の生育過程と結びつけて追跡調査する技術を確立することを目的とした。

#### 2. 計測方式の検討

地中において生育する塊茎の肥大生長量をリアルタイムに連続的かつ非破壊的に計測する手法を検討した。

北海道の代表的な生食用バレイショ品種である男爵薯を対象に、塊茎の肥大方向の偏りを調査した結果、基部-頂部方向の塊茎直径はその直角方向の塊茎直径の最大値より大きく、肥大には偏りがあることが示された。さらに、計測方向が塊茎直径と塊茎質量との相関に及ぼす影響を調査した結果、基部-頂部方向を計ると塊茎質量との相関が高くなることが明らかとなった。

次に、計測方式として直径計測方式および周囲長計測方式を比較検討した。その結果、両方式とも、塊茎質量を推定することは可能であるが、塊茎基部-頂部方向を計ることが条件であることが示された。この条件を満たすためには、塊茎基部のストロンを避けてセンサを接触させること、他のバレイショ塊茎の生育の妨げにならないように装置を設置すること、が必要であり、装置の構造から周囲長計測方式が適していると判断された。

### 3. バレイシヨの塊茎肥大計測装置の開発

計測方式の検討結果に基づき、地中にあるバレイシヨ塊茎の周囲長を非破壊的かつ直接的に継続して計測できるバレイシヨ塊茎計測装置を開発した。開発した装置は、一本の支柱に、制御・記録部と計測部を固定した一体構造となっており、計測部は地中に埋設される。制御・記録部は、アナログ式変位計、データロガー、制御基板、リチウム電池により構成され、計測時には地上高約 200 mm に位置する。計測は変位計から延びるワイヤを塊茎に巻き付け、塊茎の膨縮をワイヤの伸縮としてとらえ、さらに電圧に変換して自動記録する。ワイヤは、変位計内のバネにより常に 0.8~1.2 N の力で塊茎を締め付けているので、塊茎の収縮時にも緩むことはなく継続的に計測できる。また、変位計への印加電圧は電池の消耗や気温の変化を考慮し、印加電圧と変位計から出力される出力電圧の 2 つの電圧を計測し、その比を利用して電圧変動を補償した。計測の結果、塊茎計測装置による計測値と、実測値の差は 1 mm 未満とわずかであり、地中部の生育情報収集手段として有効と判断された。

### 4. バレイシヨ塊茎肥大と地上部生育および気象要素との同時計測システムの構築

塊茎肥大計測装置によるバレイシヨの塊茎肥大計測と同時に地上部の生育情報および気象情報を取得し、両者の関係を時系列的に捉えるシステムを構築した。地上部の生育情報として、非破壊的かつ連続的な計測のできる茎径、茎長および植被率を計測対象とした。同時に、地上部の生育ステージの変遷を目視により観察した。茎径計測においては、直動型変位計を用い、高さの異なる 3 点、地上高 30 mm, 250 mm, 500 mm を同時計測できる装置を試作し供試した。計測に当たっては、周囲長の変化量が 3 日間連続して前日比 $\pm 0.5$  mm 以内となったとき、その最初の日を塊茎肥大収束日と定義した。同時計測を行った結果、茎葉の枯ちょうが始まり、地上高 30 mm の茎径の収縮が緩やかになる時期と塊茎周囲長の肥大が収束する時期は概ね一致していた。塊茎の急速な肥大期間における塊茎周囲長の増加速度は最大で 4.3 mm/day を示した。植被率および茎長は茎葉部の黄変が始まる前にピークに達し、枯ちょうの前後にかけて急速に低下するが、塊茎周囲長は、黄変期に増加が著しく、枯ちょう期になると肥大は収束した。また、本システムにより、収穫適期予測技術を確立する上で重要となる植え付け日および萌芽日から塊茎肥大収束日までの積算日射量、積算気温、積算地温を計測できることを実証した。

以上、塊茎計測装置を開発し、塊茎肥大生長を、茎径、茎長、植被率等の地上部の生育情報および気象情報と関連付けながら継続的に直接計測できることを実証した。これまでに、バレイシヨ塊茎の肥大時期、肥大期間、肥大速度、肥大量を継続的に直接計測した例はなく、本装置の利用は、バレイシヨの生育特性の解明、ひいては肥培管理の最適化等生産技術の高度化に有用である。また、本装置は塊茎の肥大から収束までを捉えることができるので、収穫適期判定の高精度化に活用できる。よって、審査員一同は、荒木宏通が博士（農学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認めた。