

平成 30 年 6 月 4 日現在

機関番号：12201

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2016～2017

課題番号：16H07440

研究課題名(和文) タマネギのりん茎肥大開始と完了を決定する環境要因と遺伝子の網羅的解析

研究課題名(英文) Comprehensive analysis of onion (*Allium cepa* L.) bulb development focusing on the environmental factors and gene expression

研究代表者

池田 裕樹 (Ikeda, Hiroki)

宇都宮大学・農学部・助教

研究者番号：90782053

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000円

研究成果の概要(和文)：タマネギの可食部であるりん茎の肥大は、生産に直結する最も重要な要因の1つであるが、りん茎の肥大機構に関する研究は十分とは言えない。本研究で早晩性の異なる品種を露地で同時に栽培し、生育およびりん茎肥大の様相を比較した結果、春まき栽培では生育途中までの生育に品種間で差がほとんどないこと、および晩生の品種ほど葉の展開停止が遅く、りん茎重が大きいことが明らかとなった。またりん茎は積算温度に比例して大きくなるが、一定の温度を超えると早期に肥大開始し、収穫時の大きさが小さくなることを明らかにした。さらにりん茎肥大を開始した個体と開始前の個体の遺伝子発現を網羅的に解析し、発現に差のある遺伝子を見出した。

研究成果の概要(英文)：Bulb size is an important factor determining the productivity of onion. Although previous studies have investigated the effects of various factors influencing onion bulb development, viz., day-length, most of the underlying mechanisms of development remain unknown. To address this gap in knowledge, using the spring-sowing cultivation technique in Japan, we planted 8 commercially-grown cultivars, varying in earliness, and found that the growth habit of all cultivars was almost identical during the middle of the growth phase. We also found that temperature affected the final bulb size and plant growth including leaf initiation. Moreover, bulb development increased proportionally with rising temperature within an optimal daily temperature range. Additionally, we comprehensively compared gene expression to find bulb development-related genes.

研究分野：園芸科学

キーワード：園芸学 野菜 タマネギ 栽培 遺伝子

## 1. 研究開始当初の背景

タマネギは世界的に生産量の多い重要な野菜の1つで、わが国でもキャベツに次ぐ年間100万トン以上が生産されている。一方で端境期に加工用を中心に30万トン近くを輸入しており、国内需要に対する供給は十分とはいえない。そのため生産体制の強化に結びつく栽培技術の開発や、可食部であるりん茎が大きい新品種を育成することは、園芸学的に極めて重要である。

タマネギではりん茎の重量が収量に直接的な影響を及ぼすため、りん茎の肥大は生産に直結する最も重要な要因の1つに挙げられる。これまでの研究により、りん茎は日長と温度の相互作用で肥大するとされているが、日長と温度がそれぞれどのように影響しているかなどは十分に解明されていない。また日長反応性の異なる品種・遺伝資源の比較や、肥大の分子機構に関する研究例は少なく、生産現場や育種などに利用可能な知見は不十分である。その理由として、タマネギの栽培に大規模な圃場や温室が必要なことや、日長反応性の異なる品種を同時に栽培する試験が、従来の作型では困難であったことが挙げられる。タマネギのゲノムDNAのサイズが約15 Gbp (シロイヌナズナの100倍以上)と非常に大きいことも、研究を進める上での問題となっている。前者に関しては、研究代表者が2017年8月まで所属していた国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構東北農業研究センターに、タマネギの大規模栽培が可能な実験圃場や栽培施設があること、および東北農業研究センターで開発した東北地域におけるタマネギの新作型「春まき作型」を利用することで、日長反応性の異なる品種を露地で一斉に栽培できることから、日長反応性の異なる品種の比較試験が可能となった。また後者に関しては、次世代シーケンズ技術の発達に伴い、タマネギのようなゲノムサイズの大きい植物でもRNAシーケンズなどで遺伝子の網羅的発現解析が可能なることから、分子生物学的手法を用いた解析を進めることができる。

## 2. 研究の目的

1で述べたように、タマネギは世界的に生産・消費量の多い重要な野菜であり、さらなる生産体制の強化に結びつく栽培技術の開発や品種育成が求められている。りん茎の肥大はタマネギの生産に直結する最も重要な要因の1つであるが、りん茎の肥大機構に関しては、品種により異なる日長および温度条件が満たされると肥大開始することが明らかとなっている程度で、より詳細な肥大機構の解明が必要である。そこで本研究では、学術的にも実用的にも重要なタマネギのりん茎肥大機構について環境要因との関係を中心に検討し、園芸生産に利用可能な基盤的知見を得ることを目的とした。研究期間内に、

春まき作型を用いた露地圃場での品種比較試験、および同じ日長で気温のみが異なる条件で栽培可能な温度勾配チャンバーを用いた試験を行った。さらに、長日および短日条件に設定した人工気象室で栽培したタマネギを用いて遺伝子発現の網羅的解析を行い、りん茎肥大機構について分子レベルでの解明を試みた。

## 3. 研究の方法

### ①露地圃場における品種比較

試験は東北農業研究センター(岩手県盛岡市)で、2016年および2017年に実施した。供試したタマネギ(*Allium cepa* L.)は、早晚性の異なる‘ターボ’(タキイ種苗)(2017年のみ)、『オーロラ’(渡辺採種場)、『もみじ3号’(七宝)、『マルソー’(カネコ種苗)、『オホーツク222’(七宝)、『北もみじ2000’(七宝)、『スーパー北もみじ(七宝)、『ガニソン’(ベジョー・ジャパン)(2016年のみ)の合計8品種とした。288穴セル成型トレイに育苗用培養土を詰め、東北農業研究センターのパイプハウス内で2016年2月17日と2017年2月16日に播種し、それぞれ4月15日に同センター内の露地圃場に定植した。生育とりん茎形質の調査は、定植約1か月後から7日間ごとに行った。1品種につき計15~30株採取し、累計出葉数、鱗茎の基底部から葉身先端までの最大葉長(草丈)、葉鞘の直径(葉鞘径)、りん茎の赤道部の直径(球径)、りん茎の重量(球重)を計測した。

### ②生育時の温度がりん茎肥大に及ぼす影響

試験は東北農業研究センターの温度勾配チャンバーを使用し、2017年に実施した。供試品種は東北地域におけるタマネギ春まき作型において一般的な‘もみじ3号’とした。①と同様の方法で2017年3月23日に播種し、5月15日に直径18cmのスリット鉢に鉢上げした。鉢上げ後、同じ日長で温度(気温)のみが異なる条件で栽培可能な温度勾配チャンバー内に3つの温度帯(高温区、標準区、低温区)を設けて栽培した。定植15日後(5月30日)から約10日ごとに各10株収穫し、①と同様に生育とりん茎形質を調査した。

### ③遺伝子発現の網羅的解析

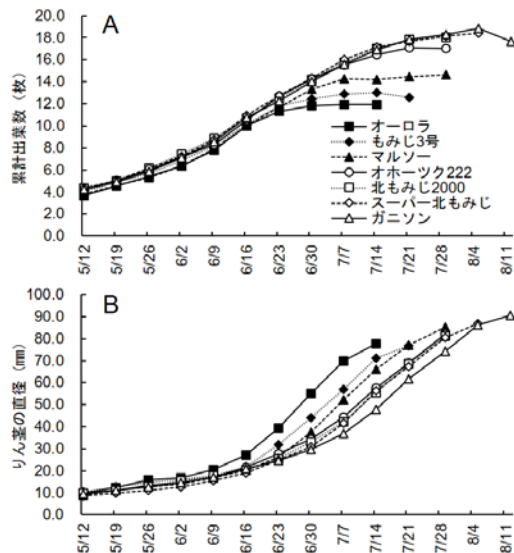
栽培は東北農業研究センターのパイプハウス、および人工気象室を使用して2016年から2017年にかけて行った。供試品種は遺伝的に日長反応性の異なる‘ターボ’と‘オホーツク222’の2品種とした。①②と同様の方法で2016年10月21日に播種し、12月21日に直径18cmのスリット鉢に鉢上げした。約20日間パイプハウス内で栽培した後、1月10日に人工気象室内に移した。8時間日長で約1か月間栽培した後、8時間日長区(SD区)および16時間日長区(LD区)で10日間栽培した。2月20日に各15株を収穫して生育お

よびりん茎の形質を調査するとともに、葉身とりん茎の茎盤部をサンプリングしてRNAを抽出し、RNA シークエンスで遺伝子発現を網羅的に解析した。

#### 4. 研究成果

##### ①露地圃場における品種比較

調査した8品種の倒伏日、および倒伏直後(1週間以内)の草丈、累計出葉数、りん茎の生育を調査したところ、本州以西での秋まき栽培に使用される品種‘ターボ’および‘オーロラ’が最も早く倒伏し、その後は‘もみじ3号’、‘マルソー’、北海道向けの秋まき用品種の順に倒伏した。りん茎の生育については、秋まき用品種など晩生の品種ほど新鮮重、乾物重ともに大きく、乾物率も高い傾向にあった。圃場への定植から収穫までの生育を1週間ごとに調査したところ、生育途中(本試験では6月中下旬)までは累計出葉数、りん茎の直径ともに品種に関係なくほぼ同じであったが、葉の展開の停止、およびりん茎の肥大が急速に進む時期は品種により異なっており、品種の早晩性と関係が見られた(第1図)。この結果は2016年、2017年ともに同じであった。よってタマネギの春まき栽培では、りん茎肥大が開始するまでの生育は品種間でほとんど差が見られないことが明らかとなった。また晩生の品種ほど葉の展開停止が遅く累計出葉数が多いため、りん茎重が大きい傾向にあると考えられた。

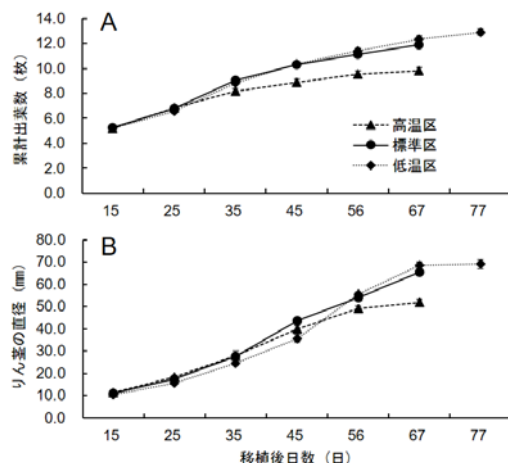


第1図 2016年に春まき栽培したタマネギ7品種の(A)累計出葉数、(B)りん茎の大きさ(直径)の生育に伴う変化

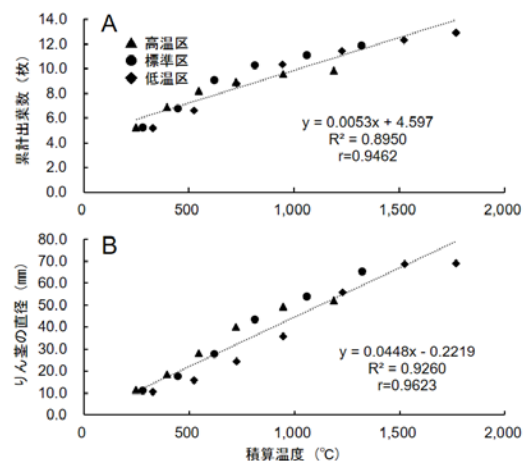
##### ②生育時の温度がりん茎肥大に及ぼす影響

3つの温度帯(高温区、標準区、低温区)で‘もみじ3号’を栽培したところ、高温区の個体が最も早く倒伏し、続いて標準区、低温区と生育温度の高い順に倒伏した。収穫時のりん茎形質を調査したところ、標準区と低温区で栽培した個体は高温区に比べ、りん茎の直径および重量が大きかった。累計出葉数

についても、標準区と低温区は高温区の個体に比べて多かった。生育およびりん茎肥大の推移を3つの温度帯で比較したところ、標準区と低温区は高温区よりも葉の展開速度が速く、定植後35日以降の累計出葉数が多かった(第2図)。りん茎の大きさ(直径)については、標準区と低温区では定植後56日以降も増加がみられたものの、高温区では定植後56日以降は変化がなく、りん茎肥大が標準区と低温区に比べて早く完了した。タマネギは高温により地上部への葉の展開が抑制される(Brewster, 2008)。またりん茎の肥大は地上部への葉の展開が停止した後に開始することから、高温区のタマネギでりん茎が小さくなった原因として、高温により葉の展開が標準区および低温区よりも早く停止したことが考えられた。さらに積算温度と生育、およびりん茎の大きさの関係について解析したところ、積算温度と累計出葉数、およびりん茎の大きさの間に強い正の相関が認められた(第3図)。以上の結果より、タマネギは生育温度の上昇にともなって累計出葉数、およびりん茎の大きさが増加するが、温度が一定以上になると地上部への葉の展開が停止し、最終的なりん茎の大きさが小さくなることが明らかとなった。



第2図 異なる生育気温での(A)累計出葉数、(B)りん茎の大きさ(直径)の生育に伴う変化



第3図 積算温度と(A)累計出葉数、(B)りん茎の大きさ(直径)の相関

### ③遺伝子発現の網羅的解析

SD区およびLD区で栽培した‘ターボ’と‘オホーツク 222’の生育およびりん茎の大きさを比較したところ、両品種ともLD区で栽培した個体のほうがりん茎の重さ、直径ともに大きかった。また肥大開始の目安とされている葉鞘とりん茎の直径の比についても、LD区の値の方が大きかった。つまりLD区で栽培した個体は肥大が開始していたが、SD区で栽培した個体は肥大が開始していないと考えられた。両品種の葉身とりん茎の茎盤部からRNAを抽出し、SD区およびLD区で発現している遺伝子をRNAシーケンスで解析した結果、SD区とLD区で発現に差のある遺伝子を見出すことができた。

以上のように本研究より、早晩性の異なる複数品種の生育に関する新たな知見を得ることができた。またタマネギのりん茎肥大に温度が及ぼす影響、すなわちりん茎は積算温度に比例して大きくなるが、一定の温度を超えると少ない葉数で肥大開始し、最終的な大きさが小さくなることを明らかにした。さらに長日条件で栽培してりん茎の肥大が開始した個体と、短日条件で栽培した肥大開始前の個体の遺伝子発現を網羅的に解析し、発現に差のある遺伝子を見出した。

背景および目的でも述べた通り、タマネギではりん茎の重量が収量に直接的な影響を及ぼすため、りん茎の肥大は生産に直結する最も重要な要因の1つである。本研究で品種の早晩性の違いに伴う生育とりん茎肥大の様相、および気温が生育とりん茎肥大に及ぼす影響を明らかにしたことから、地域の気候に最適な品種や栽培時期を選定するための技術開発など、園芸生産への応用が期待できる。また遺伝子レベルでの肥大メカニズムの解明など、学術的価値の高い新規知見の獲得にもつながると考えられる。

### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計3件)

- ① タマネギの寒冷地春まき作型における気温の違いが生育およびりん茎肥大に及ぼす影響  
池田裕樹・木下貴文・山本岳彦・山崎篤  
園芸学会平成30年度春季大会 2018年3月25日
- ② 生育温度の違いによるタマネギりん茎に含まれるケルセチン含量の変動  
塚崎光・村山徹・池田裕樹・横田啓・熊谷初美・澤里昭寿・本庄求・山崎紀子・笠井友美・門田敦生・山崎篤  
園芸学会平成30年度春季大会 2018年3月25日

- ③ 早晩性の異なるタマネギ品種の寒冷地春まき作型における生育およびりん茎肥大の様相

池田裕樹・山本岳彦・木下貴文・山崎篤  
園芸学会平成29年度春季大会 2017年3月20日

### 6. 研究組織

#### (1) 研究代表者

池田 裕樹 (IKEDA, Hiroki)

宇都宮大学・農学部・助教

研究者番号：90782053