

寒冷地におけるネギの無加温ビニルハウスでの越冬育苗による夏どり栽培に関する研究

Studies on summer-croppings of Japanese bunching onion (*Allium fistulosum* L.) using nursery plants raised in unheated greenhouses with overwintering in cold regions

2016年3月

本庄 求

Honjo Motomu

## 目 次

まえがき	1
第一部 セルトレー育苗による夏どり栽培の開発	4
第1章 夏どり栽培に向けたセルトレー育苗条件の検討	5
第2章 セルトレー育苗による夏どり栽培の成立要因の解明	
第1節 定植時の剪葉と剪根が生育,窒素吸収量,収穫時期および収量に及ぼす影響	29
第2節 セルトレー育苗による夏どり栽培における花芽分化特性の解明	43
第3章 セルトレー育苗による夏どり栽培技術の開発	
第1節 セルトレー育苗時における追肥方法の検討	83
第2節 セルトレー育苗時における温度管理方法の検討	99
第二部 連結紙筒育苗による夏どり栽培の開発	124
第4章 夏どり栽培に向けた連結紙筒育苗条件の検討	
第1節 夏どり栽培に向けた連結紙筒育苗条件の検討	125
第2節 連結紙筒の1穴当たり株数と定植後の窒素施肥量が生育,相対照度,窒素吸収量および収量に及ぼす影響	144
総合考察	163
総合摘要	171
謝 辞	173
引用文献	174

## まえがき

秋田県の農業産出額は、1985年に3,175億円であったものが27年後の2012年には1,298億円少ない1,877億円となり、1985年の59%程度の水準まで大きく減少した（総務省統計局，2014）。一方、隣県の青森県の農業産出額は、1985年に3,408億円であったものが2012年では649億円減少するものの2,759億円と、1985年の81%程度の水準で留まっており、秋田県の農業産出額の減少率は、青森県と比較して22ポイント程度も大きい（総務省統計局，2014）。これは、この期間における、米価の低下や米の生産調整の拡大によって米の算出額が減少した影響が大きく、特に、秋田県の場合は、1985年の農業産出額に占める米の割合が68%程度と高いことから、2012年の米の産出額が1985年と比較して951億円も少なくなり、農業産出額の大きな減少につながった。そこで、秋田県では米に偏重した生産構造を改善し、農業産出額を増大することが重要な課題となっており、2014年には「第2期ふるさと秋田農林水産ビジョン」を策定し、各種施策を実施している（秋田県，2014）。2012年の野菜部門の産出額は239億円と農業産出額の13%程度を占めており、今後の生産拡大に対する期待が大きい。その中で、ネギの産出額は20億円と野菜全体の8%程度を占め、野菜の中ではスイカに次いで高い割合を示している（総務省統計局，2014）。また、2012年の出荷量は7,880tと東北地方で第2位、全国でも第13位と高い順位になっている（総務省統計局，2013）。そこで、秋田県では「第2期ふるさと秋田農林水産ビジョン」の中でネギをアスパラガスやエダマメとともに重点3品目に選定して生産振興している。

ネギ (*Allium fistulosum* L.) はシベリアから熱帯アジアに至るまで広く分布し、各地の環境条件に適した多様な品種分化がみられる（位田・山崎，2014）。原産地は不明であるが、中国西北部といわれており、中国では「葱」という字が「山海経」や「礼記」に出ており、これが今のネギだとすれば2,200年前にすでに知られていることになる（北村，1950）。また、「日本書紀」中の493年の記述に「秋葱」との言葉が出ていることから、日本では奈良時代以前から利用されていたと考えられる（青葉，2000）。現在、日本で栽培されるネギは休眠性、株の大きさ、分けつおよび葉の形質の違いで加賀群、千住群、九条群に分けられる（熊沢，1972）。また、1990年代以降は、生育の斉一性に優れるF<sub>1</sub>（1代雑種）品種の開発がすすみ（安藤，2014）、現在、秋田県内のネギの産地で普及している品種のほとんどは千住群のF<sub>1</sub>品種である（秋田県農林水産部，2007）。

秋田県におけるネギは、河川流域の沖積土壌や沿岸部の砂丘地で栽培され、能代市、大館市および鹿角市を中心とした県北地域と、にかほ市を中心とした由利沿岸地域にネギの産地が形成された（加賀屋，2009）。2000年以降は、ネギの定植や収穫・調製等の機械化が進み、省力生産と面積拡大が可能な作物になったことから、県内陸部の湯沢市や横手市でも産地化が進み、2012年の秋田県全体の作付面積は479haとなっている（総務省統計局，2013）。秋田県農業試験場では、大正時代にはネギの適品種の選定に関する試験が行われ、その後、長年にわたり施肥法や除草剤の利用などの研究に取り組んだ（秋田県農業

試験場, 1991). 1995年頃からは, 現在, 主流となっている連結紙筒育苗と簡易移植器による体系(土屋, 1999)に対応した作期の検討, 施肥法および病害虫防除に関する一連の研究を実施した(加賀屋, 2009). その結果, 現在の, 2月上旬~4月中旬に連結紙筒に播種して, 本葉が2枚程度出葉した小苗(葉鞘径2 mm程度)を定植し, 8月中旬~9月まで収穫する夏秋どり作型, 10~12月まで収穫する秋冬どり作型を確立した. しかし, 県内の産地からは, 経営規模の拡大と長期出荷体系を確立するため, 現在よりも早い7月から収穫できる夏どり栽培の開発が求められている.

暖地や温暖地では, 秋まき年内定植, または秋まき露地育苗により夏どり栽培を実施しているが(野菜茶業研究所, 2010), 秋田県のような積雪の多い寒冷地では, いずれも実施が困難であった. その改善策として, 定植から収穫までの期間を短縮するため, 積雪の影響を回避できる無加温ビニルハウスを活用した地床での秋まき越冬育苗によって, 葉鞘径8~10 mm程度の大苗に育苗して定植する夏どりを検討した. しかし, 収量が290~310 kg・a<sup>-1</sup>程度で7月下旬に収穫できたが, 5~6月に発生する花序を除去する労力が課題で普及しなかった. 次いで, 花序を発生させない育苗方法を検討し, 晩抽性品種である‘羽緑一本太’を無加温ビニルハウスの地床に10月上旬に播種し, 草丈57 cm, 葉鞘径8.9 mm程度の苗を定植すると, 抽苔を抑制しつつ7月下旬からの収穫が可能であった(本庄ら, 2006). しかし, 収量が250 kg・a<sup>-1</sup>程度と目標とする300 kg・a<sup>-1</sup>(秋田県農林水産部, 2014)より低かった. これは, 従来の大苗を育苗する場合に用いられた地床育苗では, 定植時の苗床から苗を掘り上げる際の断根と育苗時や定植時に倒伏防止のために行う剪葉によって, 定植後の生育が一時的に停滞することが原因であると推察した(本庄・武田, 2009). そのため, 定植時の断根と剪葉を回避できる育苗方法で大苗を育成できれば, 収穫期の前進と収量の向上につながり, 夏どりが可能になると考えられた.

また, 慣行の8月中旬から収穫する夏どり作型は, 2月上~中旬の播種になることから加温育苗する必要があり, 加温設備の整ったハウスを持たない場合には, JAや生産者が取り組むことができない問題点がある. さらに, 7~8月の生育後半から収穫期にかけて高温となり, ネギの生育適温とされる15~20°C(Brewster, 2008; 高樹, 1996; 山崎, 2002)を上回ることから, ネギの肥大が不良となり(野沢・西澤, 2001; 山崎, 2014a)細く, 重量の小さい規格のネギが多くなる. 加えて, 出荷に必要な葉鞘の軟白長を確保するために行う土寄せ作業は, ネギの成長の程度に応じて行うことから(武田, 2014), ネギの成長が遅れると, 土寄せ作業の時期が遅れ, 目標とする8月に収穫できない事例が生産現場で散見される. そして, 8月の規格別の1本当たりの単価を秋田県のJAあきた白神(能代市)の平成20~25年の販売実績で比較すると, 重い2L(180 g以上)規格の単価は49.6円とL(120~180 g)規格の36.4円より高く, M(80~120 g)規格の21.7円, S(80 g未満)規格の13.2円の2.3~3.8倍も高い. そのため, 生産現場からは, 8月どり栽培において, 単価の高い, 太く, 重量の大きい規格のネギを生産できる栽培技術が求められている.

そこで, 本研究は, 寒冷地である秋田県において, 夏どり栽培における前述の諸課題を解決するために, 無加温ビニルハウスを活用した, 越冬育苗による新たな夏どり栽培を開発することを目的に実施した. 本論文は2部4章からなる. 第1章では, 大苗を育苗する

方法として、定植時の断根を回避できるセルトレーによる育苗を採用し、夏どり栽培に向けたセルトレー育苗条件を検討した。第2章では、第1章で夏どり栽培が可能となった要因として考えられる、セルトレー育苗で剪葉と剪根を回避したことの影響を評価するとともに、本栽培における花芽分化特性を検討した。第3章では、セルトレー育苗による夏どり栽培における、育苗時の追肥方法と温度管理方法を検討した。さらに、第4章では、第1～3章で得られたセルトレー育苗による夏どり栽培の手法を、ネギの栽培で広く用いられている連結紙筒での育苗に応用し、連結紙筒育苗による夏どり栽培を検討した。総合考察では、本論文によって確立された、ネギの無加温ビニルハウスを活用した、越冬育苗による夏どり栽培技術についてと、それによる秋田県のネギの生産状況の変化と今後の課題について議論した。

なお、ネギでは主に7～8月に収穫できるものを夏どり栽培と呼ぶが、本研究では、夏どり栽培のうち7月または8月に収穫できる夏どり栽培を区別する場合、7月どり栽培または8月どり栽培とした。

## 第一部 セルトレー育苗による夏どり栽培の開発

## 第1章 夏どり栽培に向けたセルトレー育苗条件の検討

### 緒言

秋田県におけるネギは、2月上旬～4月中旬に播種し、発芽時からの本葉の出葉数2枚程度の小苗を定植して、8月中旬～9月まで収穫する夏秋どり作型、10～12月まで収穫する秋冬どり作型がある。近年、県内の産地からは、経営規模の拡大と長期の出荷体系を確立するため、現在よりも早い7月から収穫する夏どりの栽培法の開発が求められている。

暖地や温暖地では、秋まき年内定植、または秋まき露地育苗によって7月どりが可能である（野菜茶業研究所，2010）。また、晩抽性品種とトンネル被覆を組み合わせた5月どりが確立されるなど、出荷期間が長期化している（安藤ら，2002；白岩ら，2007a）。一方、積雪量の多い寒冷地においては、秋まき年内定植や露地での越冬育苗は、越冬率の年次変動が大きく不安定である（本間ら，1999；加賀屋ら，1993）。そのため、越冬時にビニルハウスを利用した育苗による夏どり栽培が検討され（佐々木・阿部，1992；吉岡・大越，1994）、青森県の積雪量の少ない砂丘地帯（屏風山地域）では、秋まきの翌年3月中旬定植とトンネル被覆を組み合わせることで7月中旬からの収穫が可能であることが報告されている（野沢・西澤，2001）。

秋田県では、積雪期間が長いことから、定植時期を4月中旬より早めることは困難である。そこで、無加温ビニルハウスを活用した地床での秋まき越冬育苗で、苗の生育を促進させて定植することで、収穫までの期間を短縮する栽培法を検討した結果、7月下旬からの収穫が可能であることを明らかにした（加賀屋ら，1993）。しかし、この栽培法では5～6月に発生する花序を順次除去し、その後発生する花茎側芽から成長した新生株を収穫するが、花序の除去に要する労力が大きいことが問題であった。

ネギは、緑植物低温感応型の作物であり、一定の大きさに達した株が、ある一定量の低温に遭遇することで花芽分化し、その後、抽苔する（斎藤，1983）。また、花芽分化に必要とされる低温要求量や、低温を感応し始める植物体の生育量には品種による差が大きい（山崎，2014）。そこで、筆者らは、晩抽性品種を用い、抽苔を抑制しつつ7月どりが可能な播種期と定植期の苗の大きさを検討した（本庄ら，2006）。その結果、10月上旬に播種し、草丈57 cm、葉鞘径8.9 mm程度の苗を用いると、7月下旬から収穫が可能であったが、地上部重が不十分で、収量が250 kg・a<sup>-1</sup>程度と目標とする300 kg・a<sup>-1</sup>（秋田県農林水産部，2014）より低かった。これは、本研究で従来の大苗育苗方法である地床育苗を用いたため、採苗時に苗床から苗を掘り上げる際の断根と定植時に倒伏防止のために行う剪葉により、定植後に生育が停滞し、収穫までに十分な大きさに生育できなかったことが原因と考えられた（本庄・武田，2009）。そのため、断根せずに定植が可能なセルトレーで剪葉を回避した大苗を育成できれば、収穫期の前進と収量の向上が期待される。しかし、セルトレーを用いてネギを大苗に育苗する観点での報告は少ない。

そこで、本研究では、寒冷地における7月から収穫できる夏どり栽培を開発することを

目的として、晩抽性および耐暑性品種を用いた無加温ビニルハウスの越冬育苗における、播種期、セルトレーの規格および1穴当たりの株数の違いが生育に及ぼす影響を検討し、育苗した苗の実用性を判定した。また、定植後の苗の生育と実用性ありと判定した苗の収量性を検討した。最後に、実用性ありと判定した苗を用いて栽培環境の異なる2か所の現地で実証試験を行った。



## 材料および方法

### 1. 品種, 播種期, セルトレーの規格および1穴当たりの株数の違いが生育と収量に及ぼす影響 (試験 1)

#### 1) 育苗時の生育と実用性の判定

本研究は秋田県農業試験場で実施した。供試圃場は、前年に緑肥（ソルガム）を栽培し、土壌タイプは表層多腐植質多湿黒ボク土である。供試品種は、晩抽性品種の‘羽緑一本太’（(株) トーホク）、耐暑性品種の‘夏扇パワー’（(株) サカタのタネ）を用いた。2品種とも2008年9月1日、9月16日、10月1日、10月15日、11月4日の合計5回（以下、それぞれ9/1、9/16、10/1、10/15および11/4と略記）、園芸用育苗培土（N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=600:7,000:150 mg・L<sup>-1</sup>、げんきくんネギ培土、コープケミカル（株）、以下、使用する園芸用育苗培土は同一商品）を充填した128穴セルトレー（以下、128穴区）、または200穴セルトレー（以下、200穴区）に播種した。その後、無加温のビニルハウス内の地面に黒色の防草シート（アグリシート、日本ワイドクロス（株））を敷き、その上に苗箱を置いて育苗した（以下、育苗時は同様に防草シートの上に苗箱を置いて管理した）。1穴当たりの苗立ち本数は、播種後に間引いて1本（以下、1本区）または2本（以下、2本区）とした。無加温の一重のビニルハウスで育苗し、内部の気温が15℃以上の時に換気を行った。ただし、11/4播種区のみ、換気の温度を25℃に設定した別の無加温ビニルハウス内で出芽させ、出芽の揃った11月20日から他の苗と同じビニルハウスで管理した。秋期と春期は1日に1回程度、冬期は1~2週間に1回程度、培土の水分量に応じて上面かん水した（以下、育苗時のかん水管理は同様に行った）。12月5日に防寒対策として厚さ0.1 mmのポリエチレンフィルムでビニルハウスの妻面および側面の20 cm内側に地表から高さ80 cmの部分に二重被覆した。追肥では液肥（N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=10:4:8、くみあい液肥尿素複合液肥2号、コープケミカル（株）、以下、使用する液肥は同一商品）を20倍に希釈し、葉色がやや退色した出葉数2枚の時期から、29~60日間隔で1セルトレー（30 cm×60 cm）当たり500 mLを9/1播種区は5回、9/16播種区は4回、10/1播種区は3回、10/15播種区は2回、11/4播種区は1回施用した。育苗中の剪葉については、草丈が40 cm以上の場合に倒伏を回避するため、葉鞘部（地際）から高さ20 cmの位置で行い、剪葉した葉をすべて除去した。

2008年10月30日~2009年4月1日まで約1か月ごとに、育苗中の出葉数を各処理区20個体、地上部重を各処理区10個体測定した。定植期の花芽分化の有無を4月8日に各処理区10個体について実体顕微鏡で調査した。また、定植期の出葉数を4月14日に各処理区15個体、草丈、地上部重および葉鞘径を4月21日に各処理区10個体調査した。育苗期間中、ビニルハウス内部の気温を中央部の地表から高さ150 cmに設置したデータロガー（おんどとり Jr. RTR-52A、(株) ティアンドデイ、以下、気温の測定に用いたデータロガーは同一機種）を用いて計測した。

苗の実用性の判定は、定植期までの栽培管理および定植期の生育状況と花芽分化の有無

で行った。判定の第1基準は、管理作業と病害発生リスクが増加する剪葉が不要で花芽未分化の苗とした。第2基準は、7月どり栽培に適する苗の大きさで判定し、著者らの試験では7月どり栽培が可能であった地床育苗の苗の葉鞘径は8.9 mm程度であったこと（本庄ら、2006）および本試験では地床育苗より定植後の植え傷みが少ないと予想されるセル成型苗を用いることを考慮して、葉鞘径が地床育苗の2/3に相当する概ね6 mm以上の苗とした。

## 2) 定植後の生育と実用性ありと判定した苗の収量性

本研究は秋田県農業試験場で実施した。供試圃場は、前年に緑肥（ソルガム）を栽培し、土壌タイプは表層多腐植質多湿黒ボク土である。‘羽緑一本太’の128穴・1本区の各播種期および10/1播種区の各組み合わせの苗を定植し、定植後の生育を調査した。また、実用性ありと判定した処理区の苗を定植し、7月どりの収量性を調査した。2009年4月17日に、畝間を100 cmとして溝切り機（片平ら、2009、第1-1図、以下、使用する溝切り機は同一機種）を装着した乗用トラクターで溝の深さ15 cm・溝底の幅25 cmの植え溝を成型した後に、移植機（屋代ら、2009、第1-2図、以下、使用する移植機は同一機種）を用いて、セル成型苗の植え付け間隔を5 cm、深さを溝底から10 cmで定植した。なお、本研究では移植機の開発と合わせてセル成型苗の植え付け間隔を5 cmに統一して行った。従って、畝長1 m当たりの植え付け本数は、1本区では20株、2本区では40株となった。5月13日から6～13日間隔で合計5回の土寄せを行った。6月30日には、生育量が小さかった11/4播種区を除いて茎盤からの高さ30 cmまで仕上げの土寄せを行った。基肥には化成肥料でN:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=1.4:1.9:1.4 kg・a<sup>-1</sup>を、追肥にはN:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=1.5:0.4:1.5 kg・a<sup>-1</sup>を施用した。各処理区の面積を9 m<sup>2</sup>とし、反復は設定しなかった。

‘羽緑一本太’の128穴・1本区の各播種期および10/1播種区の各組み合わせの苗について、定植後から7月14日まで約1か月ごとに、出葉数を各処理区15個体、1株当たりの地上部重（葉身部と葉鞘部を加えたもの、以下、地上部重と略記）を5月20日と6月17日は10個体、7月14日は40個体測定した。実用性ありと判定した処理区の苗については、5月8日～6月24日まで1週間ごとに、各処理区100個体について抽苔の有無を調査した。また、7月14日に、出葉数を各処理区15個体、地上部重、葉鞘径（葉鞘中央部の葉序と平行した径）および草丈を40個体測定した。その後、葉数を2.5～3.5枚、茎盤からの長さを60 cmに調製し、調製後の地上部重および軟白長（葉鞘の茎盤から軟白上部までの長さ）を測定した。調製品の規格別比率と収量は、全農秋田の青果物標準出荷基準に従い、調製後の地上部重から算出した。

## 2. セルトレー育苗による7月どり栽培の現地での実証試験（試験2）

秋田県沿岸部の能代市（黒ボク土、定植から収穫までの平均気温16.7°Cおよび合計降水量328 mm）と内陸部の横手市（黒泥土、同上17.5°Cおよび483 mm）の現地の農家の圃場で、7月どりの実証試験を行った。供試品種は、‘夏扇パワー’を用いた。能代市では

2009年10月15日、横手市では2010年10月18日に128穴セルトレーに播種して1穴当たり1株とし、無加温ビニルハウス内で育苗した。能代市では2010年4月15日、横手市では2011年4月22日に溝切り機で植え溝を成型した後に移植機を用いて定植した。畝間を能代市では90 cm、横手市では100 cmとし、セル成型苗の植え付け間隔を両地区とも5 cmとした。実証面積は能代市で500 m<sup>2</sup>、横手市で300 m<sup>2</sup>とした。両地区の施肥条件は統一し、基肥には化成肥料でN : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : K<sub>2</sub>O=0.9 : 1.2 : 0.9 kg・a<sup>-1</sup>を、追肥にはN : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : K<sub>2</sub>O=1.5 : 0.4 : 1.5 kg・a<sup>-1</sup>を施用した。

定植日に地上部重、葉鞘径および草丈を10個体測定した。定植後の抽苔の有無を両地区とも300個体調査した。収量調査は、能代市では2010年7月19日、横手市では2011年7月12日に行い、両地区とも畝長1 mの範囲(約20株)を3反復で掘り取り、地上部重、草丈および調製後の地上部重を測定し、全農秋田の青果物標準出荷基準に従い2L規格の比率と収量を算出した。

## 結 果

### 1. 品種、播種期、セルトレーの規格および1穴当たりの株数の違いが生育と収量に及ぼす影響（試験1）

#### 1) 育苗時の生育と実用性の判定

無加温ビニルハウス内の平均気温は10月6半旬から15℃以下となり、12月2半旬～2月5半旬までの平均気温は概ね5℃以下であった（第1-3図）。2月6半旬以後、日照時間の増加に伴い平均気温は上昇し、4月3半旬には15℃以上となった。

出葉数の増加速度は、各処理区とも日照時間の増加に伴い平均気温が6.5～13.6℃に上昇した3月2日～4月14日で7日当たり0.25枚程度と最も早かった（第1-4図）。次いで、平均気温が8.7～12.7℃であった10月30日～12月1日で0.18枚程度、平均気温が3.1～8.7℃であった12月1日～1月30日では0.10枚程度と最も遅かった。

剪葉は、‘羽緑一本太’の9/1播種区では2回、9/16播種区では1回行った。また、‘夏扇パワー’の9/1播種区では3回、9/16播種区では1回、10/1播種の128穴・2本区、200穴・1本区および2本区では、それぞれ1回剪葉を行った。‘夏扇パワー’は‘羽緑一本太’より草丈の伸長が旺盛で葉身が軟らかいことから、9/1播種区では剪葉の時期が早く、剪葉の回数も多かった（第1-5図）。剪葉した9/1播種区の地上部重は10月30日～1月30日までの増加は停滞したが、3月2日～4月21日には10/15播種区および11/4播種区と同様に旺盛な増加を示した。

定植期の出葉数、地上部重および葉鞘径には、両品種とも播種期、セルトレーの規格および1穴当たりの株数で有意差が認められ、いずれの調査項目も播種期が早い区で、200穴区より128穴区で、2本区より1本区で大きい傾向が認められた（第1-1表）。しかし、両品種とも剪葉した9/1と9/16播種区の地上部重および葉鞘径は、播種期の遅い10/1播種区の無剪葉の苗より小さい場合が認められた。両品種とも出葉数では有意な交互作用は認められなかったが、地上部重では播種期とセルトレーの規格、播種期と1穴当たりの株数の組み合わせで認められた。‘羽緑一本太’においては、草丈では播種期とセルトレーの規格、葉鞘径では播種期とセルトレーの規格および播種期と1穴当たりの株数の組み合わせで有意な交互作用が認められた。定植期にいずれかの品種で交互作用が認められた草丈、地上部重および葉鞘径を目的変数として、品種、播種期（育苗日数）、セルトレーの規格（1穴当たりの面積）、1穴当たりの株数に剪葉回数を加えた5要因を説明変数として、それらの要因が草丈、地上部重および葉鞘径に及ぼす影響を重回帰分析で評価した。その結果、剪葉回数と1穴当たりの株数の偏回帰係数は負の値を示し、生育に対して抑制作用が認められたが、播種期とセルトレーの規格では正の値を示し、促進効果が認められた（第1-2表）。また、草丈、地上部重および葉鞘径に及ぼす要因の強さを標準偏回帰係数の絶対値で比較した場合、播種期で0.99～1.50と最も大きく、次いで剪葉回数の0.72～0.93であった。また、地上部重と葉鞘径に関しては、1穴当たりの株数で0.50～0.55、セルトレーの規格で0.37～0.46と品種の0.16～0.19よりも大きかった。

花芽分化は、‘羽緑一本太’では9/16と10/1播種の128穴・1本区で認められ、‘夏扇パワー’では、9/1、9/16および10/1播種の128穴・1本区と10/1播種の200穴・1本区で認められた(第1-1表)．‘羽緑一本太’では出葉数が5.3枚以上で葉鞘径が8.0 mm以上の場合、‘夏扇パワー’では出葉数が4.6枚以上で葉鞘径が6.9 mm以上の場合に花芽分化が認められたが、両品種とも出葉数または葉鞘径が一定の大きさに達しない場合には花芽分化が認められなかった．両品種とも2本区のすべての組み合わせ、10/15以降の播種の組み合わせでは、花芽分化が認められなかった．

実用性ありと判定した組み合わせは、‘羽緑一本太’の場合、10/1播種・128穴・2本区、10/1播種・200穴・1本区、10/15播種・128穴・1本区、10/15播種・128穴・2本区および10/15播種・200穴・1本区の5組であり、‘夏扇パワー’の場合、10/15播種・128穴・1本区、10/15播種・128穴・2本区および10/15播種・200穴・1本区の3組であった．

## 2) — (1) 定植後の生育

定植後の平均気温は、4月6半旬までは10℃以下であったが、5月5半旬以降は15℃以上となり、6月5半旬からは7月3半旬まで20℃以上であった(第1-6図)．‘羽緑一本太’の128穴・1本区で、播種期の違いが定植後の生育に及ぼす影響を比較した．各処理区とも、定植7日後の4月24日には根の伸長が認められ、定植11日後の4月28日には苗の活着が観察された．出葉数は各播種期とも5月20日～7月14日まで順調に増加した(第1-7図)．7月14日の出葉数は、9/1播種区で17.2枚と最も多く、次いで9/16播種区で15.3枚、10/1播種区で14.4枚および10/15播種区で13.5枚であり、11/4播種区では12.0枚と最も少なかった．しかし、5月20日から出葉した葉数は9/1播種区で6.2枚、9/16播種区で6.1枚、10/1播種区で6.0枚、10/15播種区で6.4枚および11/4播種区で6.4枚と同等であった．7月14日の地上部重は、10/1播種区では9/1および9/16播種区と同程度またはそれ以上であり、10/1以前の播種では播種期と地上部重に明確な関連が認められなかった．しかし、10/1以降の播種では、地上部重は播種期が遅いほど小さく、11/4播種区では顕著に小さかった．

‘羽緑一本太’の10/1播種区で、セルトレーの規格と1穴当たりの株数の違いが定植後の生育に及ぼす影響を比較した．出葉数は各処理区とも5月20日～7月14日まで順調に増加した(第1-8図)．1穴当たりの株数の出葉数への影響は期間をとおして認められ、出葉数は2本区より1本区で多かった．一方、セルトレーの規格では5月20日の出葉数は200穴区より128穴区で多かったが、7月14日には同等となりセルトレーの規格の違いによる出葉数への影響は認められなかった．1穴当たりの株数およびセルトレーの規格とも地上部重への影響は期間をとおして認められ、地上部重は2本区より1本区で、200穴区より128穴区で大きかった．また、生育に伴い、1本区と2本区の出葉数および地上部重の差が拡大し、1穴当たりの株数の影響がより顕著であった．

## 2) — (2) 実用性ありと判定した苗の収量性

両品種とも、定植期に実用性ありと判定した処理区の苗は、生育期間中に抽苔の発生が認められず、7月14日には草丈が95 cm以上、軟白長25 cm以上の収穫が可能な大きさに達した(第1-3表)。出葉数、調製前の地上部重、葉鞘径および調製後の地上部重は、2本区より1本区が大きく、特に、1本区では2L規格の比率が高かった。品種別では、‘羽緑一本太’の2L規格の比率は、10/1播種の200穴・1本区で23%と最も高く、次いで10/15播種の200穴・1本区で11%であった。一方、10/1播種と10/15播種の128穴・2本区では0%であった。‘夏扇パワー’の2L規格の比率は10/15播種の128穴・1本区で86%と最も高く、次いで200穴・1本区で57%であった。一方、10/15播種の128穴・2本区では2%と低かった。収量は、1本区より2本区が高く、‘羽緑一本太’では、10/1播種の128穴・2本区および10/15播種の128穴・2本区で458~480 kg・a<sup>-1</sup>と最も高く、次いで10/1および10/15播種の200穴・1本区および10/15播種の128穴・1本区で287~336 kg・a<sup>-1</sup>であった。‘夏扇パワー’では、10/15播種の128穴・2本区が584 kg・a<sup>-1</sup>と最も高く、次いで128穴・1本区で414 kg・a<sup>-1</sup>であった。10/15播種で同じセルトレーの規格および1穴当たりの株数で比較すると、‘羽緑一本太’より‘夏扇パワー’が地上部重、2LとL規格の占める割合および収量が高かった。

## 2. セルトレー育苗による7月どり栽培の現地での実証試験(試験2)

能代市(2010年)の場合、定植期の草丈は35 cm、葉鞘径は6.8 mmであった。抽苔率は3%であったが、収穫した株の調製後の地上部重は194 g、2L規格の比率は71%および収量は404 kg・a<sup>-1</sup>であった(第1-4表)。横手市(2011年)の場合、定植期の草丈は35 cm、葉鞘径6.6 mmであった。抽苔は認められず、収穫した株の調製後の地上部重は188 g、2L規格の比率は80%および収量は421 kg・a<sup>-1</sup>であった。

## 考 察

### 1. セルトレー育苗による7月どり栽培の開発

ネギでセル成型苗を利用する場合、一般的には出葉数 2.0~2.5 枚の小苗を育苗するため、セルトレーの規格に応じて 1 穴当たりの株数を 2~5 本と密植にし、収穫本数を確保する観点から実質的な株間が 2.5~3 cm となるように、セル成型苗の植え付け間隔を 5~15 cm に調整する。ネギの葉身と葉鞘は円筒形かつ垂直の草姿で受光態勢がよいことから、育苗中の生育に及ぼす栽植密度の影響は小さいと考えられるが、栽植密度が高まると肥大性が劣り、地上部重が小さくなることが報告されている(板木・比企, 1957; 小林ら, 1990; 村井ら, 1981; 野沢・西澤, 2001; 奥田・藤目, 2004; 白岩, 2008)。本研究では、大苗に育成する観点から、128 穴と 200 穴セルトレーで、1 穴当たりの株数を 1 本または 2 本の疎植とし、植え付け間隔を 5 cm とし、実質的な株間を 1 本区で 5 cm, 2 本区で 2.5 cm とした。定植期の出葉数、葉鞘径および地上部重は 200 穴区より 128 穴区で、2 本区より 1 本区で大きく、疎植で育苗中の生育が促進された。また、本圃でも植え付け間隔を 5 cm とした条件では、2 本区より栽植密度の低い 1 本区で生育が促進された。‘羽緑一本太’の定植後の生育で示したとおり、1 本区と 2 本区の出葉数および地上部重の差は生育の後半になるにしたがい拡大し、収穫期の生育には定植後の栽植密度の影響が大きいことが認められた。これまで、作期の前進化に向けて、播種期、定植期の早期化、定植後のトンネル被覆による生育促進などが検討されたが、育苗時の疎植による大苗の育成と本圃での疎植による生育の促進効果は、7 月どり栽培に対する有効な栽培技術になり得ると考えられた。

剪葉は‘羽緑一本太’で 9/16, ‘夏扇パワー’では 10/1 以前に播種した場合に行ったが、本研究における重回帰分析の結果から、剪葉は播種期の次に定植期の生育に影響し、かつ負の要因であることが示された。剪葉は倒伏や灰色カビ病の防止のために行うが、両品種とも剪葉した苗は一時的に生育が停滞し、播種期が早くても剪葉が必要であれば播種期の遅い苗より小さい場合が認められた。同様の現象は、タマネギのセル成型苗でも報告があり(小林・桐村, 2001)、ネギでは育苗中の剪葉による生育抑制の影響は定植後も継続し(本庄・武田, 2009; 武田・本庄, 2007)、収量が低下することが報告されている(本庄ら, 2011)。従って、セル成型苗を用いた 7 月どり栽培のための越冬育苗においては、大苗を育成する目的で播種期を早めても剪葉が必要であれば苗の生育が抑制されることから、結果的に収穫期の前進化や収量の向上にはつながらないことが示唆された。

本研究では、大苗を得るための長期間の育苗によって、根鉢の形成が旺盛となり老化苗となることが危惧された。霜田ら(2010)は、ネギで 128 穴セルトレーを用いた 1 穴当たり 5 粒播種の高い栽植密度の場合、育苗期間が長ければ定植期の苗は大きい、定植後の初期生育が劣ると報告している。しかし、本研究では、定植 11 日後には活着が確認され、定植後の生育も停滞せずに順調に生育した。これは長期間の育苗であったが、12 月 2 半旬~2 月 5 半旬の平均気温が 5℃以下であるなど比較的低温期の育苗で生育が緩慢な時期が長かったことや 128 穴または 200 穴セルトレーで 1 穴当たり 1 株または 2 株と比較的低い栽植密度であったことから、根鉢の形成に伴う老化現象を回避できたと考えられた。

実用性ありと判定した苗は、両品種で合計 8 区あり、いずれの区でも 7 月 14 日の収量は概ね目標とする  $300 \text{ kg} \cdot \text{a}^{-1}$  を達成した。さらに、‘夏扇パワー’で実用性の判定基準を満たす苗を、栽培環境の異なる 2 か所の現地で実証試験した結果でも、収量が  $400 \text{ kg} \cdot \text{a}^{-1}$  以上となり目標収量を上回った。

以上のように、剪葉と花芽分化を回避した大苗を用いることにより、秋田県のような寒冷地でも目標とする収量が得られる 7 月どり栽培の開発が可能であることが示唆された。

## 2. 経営的視点からの収量性

本研究において実用性ありと判定した処理区では、2 本区より 1 本区で生育が優れ、収穫物の 2L 規格の割合が高かったが、収量は栽植本数の多い 2 本区で高かった。ネギの栽培では疎植にすることで 1 株当たりの肥大性はよくなるが、栽植本数が少なくなることで、収量は減少することが報告されている（板木・比企，1957；小林ら，1990；村井ら，1981；野沢・西澤，2001；奥田・藤目，2004；白岩，2008；武田・本庄，2010）。一方、野沢・西澤（2001）は、夏どり栽培において、本圃での栽植本数を減らすことは、労働時間の短縮や太く、重量の大きい規格の割合が増えることから、経営的に有利であると報告している。白岩（2008）も同様に初夏どり栽培の前進化では、実用的な栽植密度を肥大と総収量のバランスで考える必要があるとし、収量性のみでなく、疎植による肥大促進の効果や経営的側面からの評価が重要であると指摘している。ネギの栽培における収穫、調整および出荷作業は全体の労働時間の 66% を占めることから（農林水産省大臣官房統計部，2009）、栽植本数の減少は作業時間を短縮する観点から優位性があり、栽培面積を拡大することも可能になると考えられる。また、夏どり栽培の場合、秋田県の JA あきた白神の平成 20～25 年度の販売実績で比較すると、8～9 月の 2L 規格の単価は  $295 \text{ 円} \cdot \text{kg}^{-1}$  で安定している。1 箱当たりの本数は 2L 規格で 30 本と L 規格の 45 本や M 規格の 60 本と比較して少ないことから、2L 規格の増加とともに出荷時の箱数が多くなり、販売金額の増加につながることが考えられる。従って、1 本区の収量は 2 本区より劣ったが、労働時間の短縮や販売金額の増加が期待できることから、1 本区の不利益は低いものと考えられた。特に、‘夏扇パワー’の 10/15 播種・128 穴・1 本区（第 1-9 図）は、生育が旺盛で、大きい規格の 2L の割合が最も高く、収量が  $414 \text{ kg} \cdot \text{a}^{-1}$  と 2 本区に比べて栽植本数が  $1/2$  以下で目標収量の  $300 \text{ kg} \cdot \text{a}^{-1}$  を大幅に上回ることから、実用性の高い育苗条件であると考えられた。また、草川・吉田（2011）はダイコンで疎植と密植を組み合わせた作期の拡大を報告している。ネギでも同様に、疎植で肥大のよい 1 本区と密植で収量性に優れる 2 本区を組み合わせることで収穫時期を分散し、作期を拡大することも選択枝の 1 つと考えられた。

## 3. セルトレー育苗による 7 月どり栽培に適する品種の特性

ネギの花芽分化は品種により異なるが、一定の大きさに達した苗が低温に感応し、一定以上の低温量に遭遇することにより起こる（斎藤，1983）。本研究において、定植期に花芽分化が認められた処理区の苗の大きさを葉鞘径で示すと、‘羽緑一本太’で 8.0 mm 以上、



‘夏扇パワー’では6.9 mm以上であった。‘夏扇パワー’の場合、10/15播種の128穴・1本区では葉鞘径が8.1 mmであっても花芽分化が認められず、花芽分化が可能な大きさを葉鞘径のみで示すことはできなかった。しかし、花芽分化が可能な苗の大きさとして、葉鞘径に加えて出葉数を考慮すると、両品種とも全処理区の花芽分化状況に適合した。山崎ら(2012)の報告では、ネギが花芽分化する苗の大きさとして出葉数を用いる必要があると指摘しており、本研究の結果からも花芽分化に関する指標には葉鞘径と合わせて出葉数を考慮する必要性が示唆された。

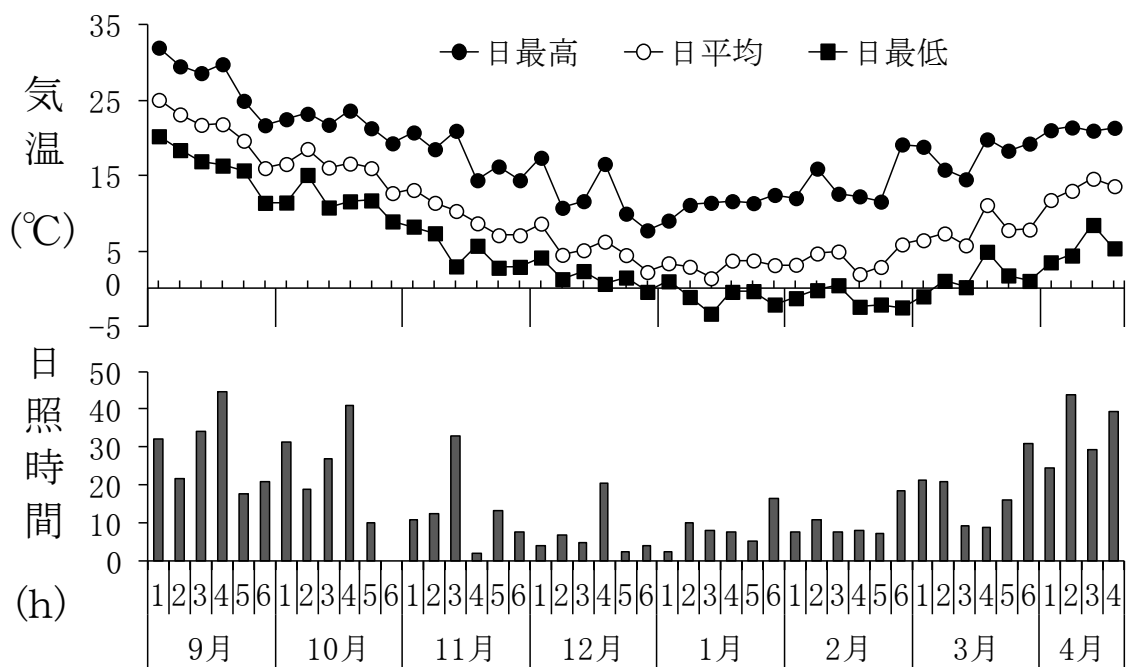
花芽分化に有効な低温域は3~15°C (Yamasaki ら, 2000a) と広いことから、7月どりの本栽培のように、無加温ビニルハウスで越冬した大苗を利用する場合には、育苗中に花芽分化する危険性が考えられた。本研究の育苗期間中では、最低気温は9月6半旬~4月4半旬まで長期間にわたり15°C以下であった。そのため、本研究では抽苔を抑制する観点から、晩抽性品種の‘羽緑一本太’が適すると考えられたが、両品種とも10/15以降の播種期では花芽分化が認められなかった。両品種の収量を比較すると、‘夏扇パワー’の10/15播種の収量は、同条件の‘羽緑一本太’の10/1および10/15播種より高く、収量性からみると‘羽緑一本太’より‘夏扇パワー’が優れていた。‘夏扇パワー’の収量が‘羽緑一本太’より高かった理由として、‘夏扇パワー’の有する耐暑性によりネギの生育の適温域である15~20°C (Brewster, 2008 ; 高樹, 1996 ; 山崎, 2002) より高温となる6月下旬~7月中旬の生育が優れていたことが影響したと考えられた。すなわち、セル成型苗を用いた越冬育苗による7月どり栽培では、定植期の葉鞘径が概ね6 mm以上の苗であると同時に、花芽分化の回避が可能な出葉数と葉鞘径に管理する育苗条件が明らかになることにより、晩抽性以外の品種でも対応が可能で、収量性の点では収穫前の高温期の肥大に優れる耐暑性の品種が有利であることが示唆された。一方、‘羽緑一本太’は‘夏扇パワー’より収量は劣るものの目標収量に達していることから実用性があり、抽苔の回避が可能で剪葉を必要としない播種期の幅が広い点では、‘夏扇パワー’と比較して優位性が認められた。



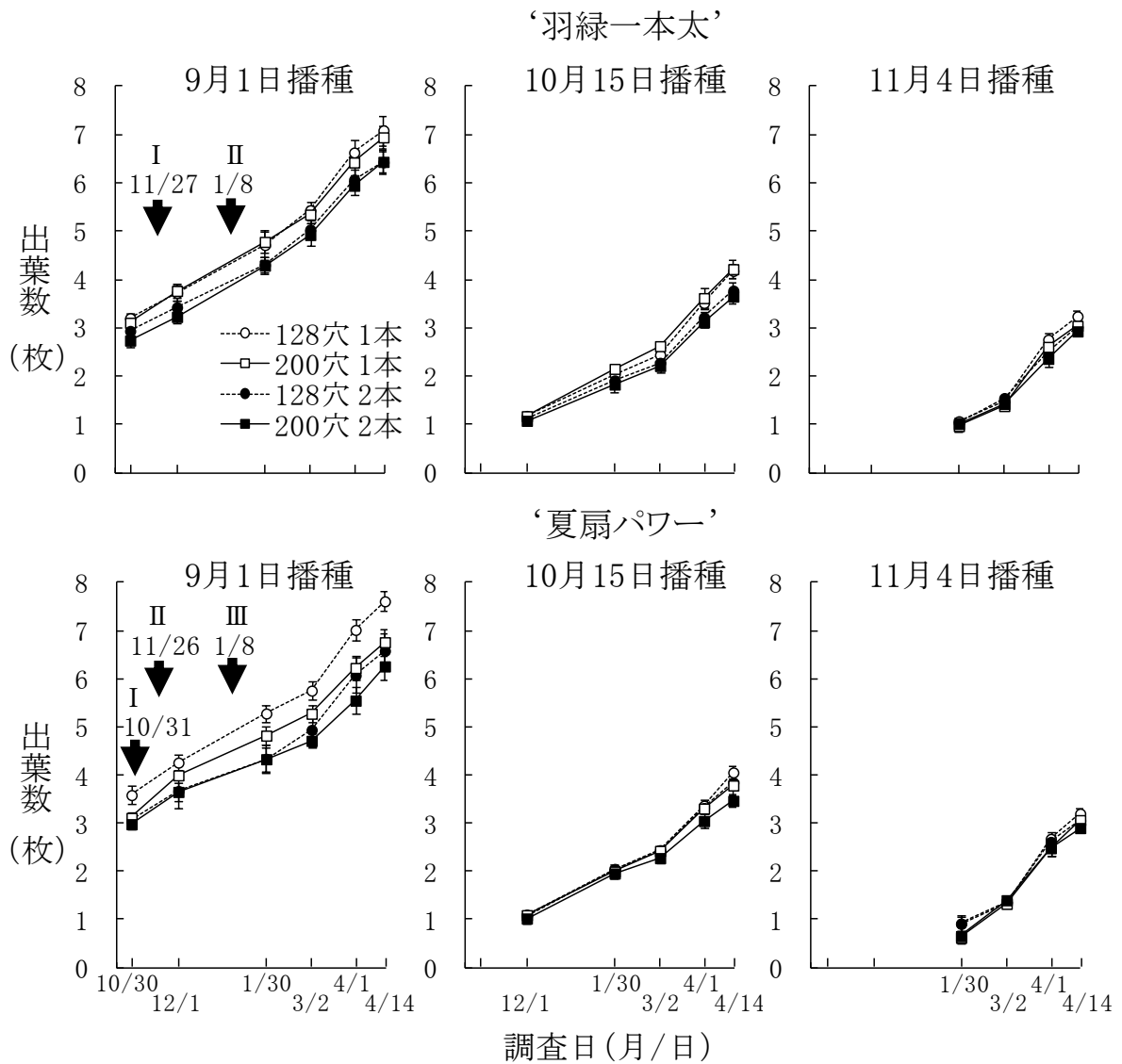
第 1-1 図 溝切り機による植え溝の成型 (2009 年 4 月 17 日)



第 1-2 図 越冬育苗したセル成型苗の移植機による定植 (2009 年 4 月 17 日)



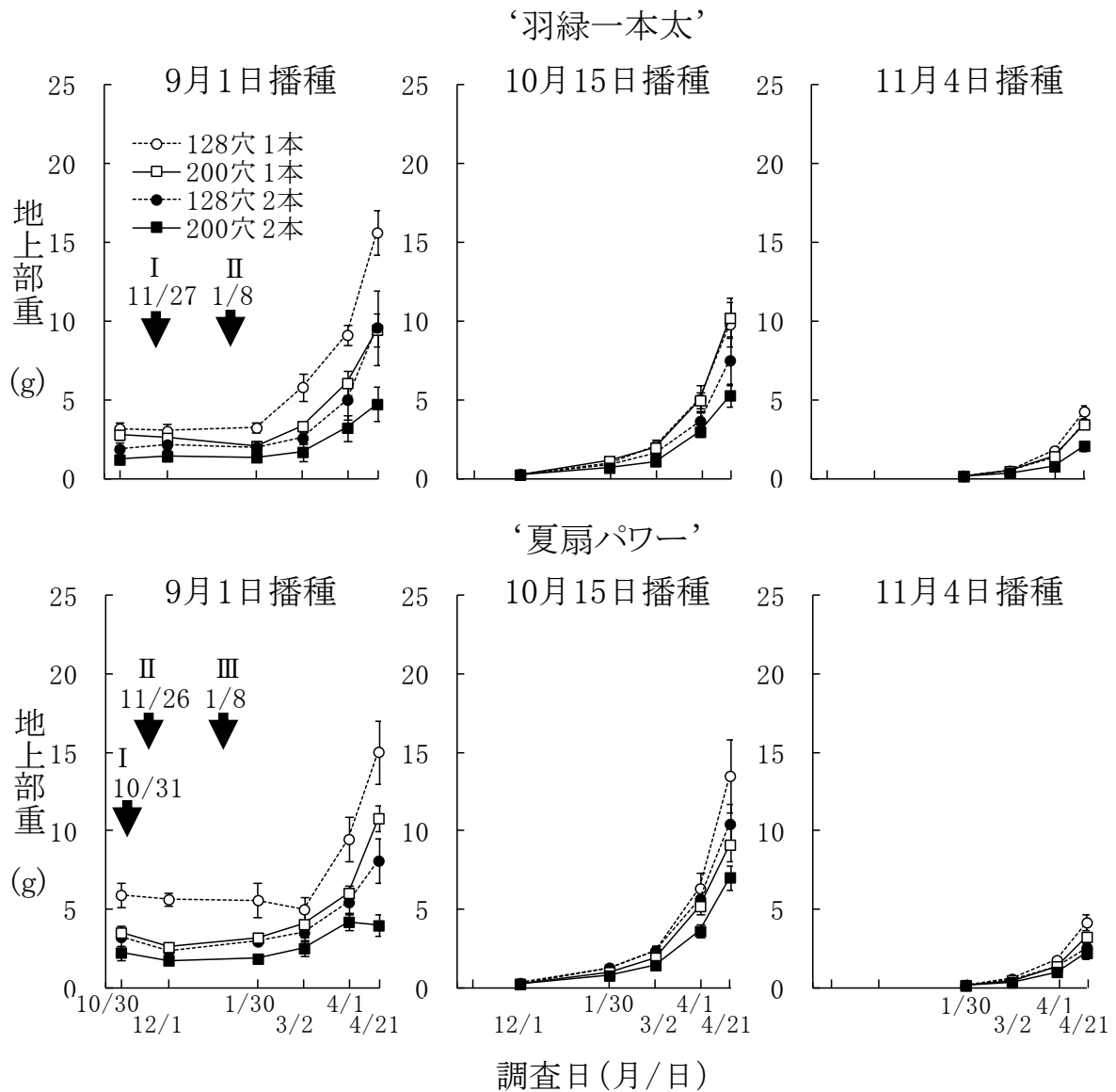
第1-3図 2008年9月～2009年4月における半旬ごとの無加温ビニルハウス内の気温と日照時間  
 気温はハウスの中央部の地表から高さ150cmを測定し、日最高、日平均および日最低の半旬ごとの平均値を示す  
 日照時間は秋田県大正寺のアメダスデータを用い、半旬ごとの累計を示す  
 日照時間の10月6半旬は欠測



第 1-4 図 ‘羽緑一本太’, ‘夏扇パワー’ の播種期, セルトレーの規格および 1 穴当たりの株数の違いが育苗中の出葉数に及ぼす影響

図中の矢印の日付とローマ数字はそれぞれ, 剪葉処理月日および剪葉回数を示す

図中のエラーバーは標準偏差を示す



第1-5図 ‘羽緑一本太’，‘夏扇パワー’の播種期，セルトレーの規格および1穴当たりの株数の違いが育苗中の地上部重に及ぼす影響  
 図中の矢印の日付とローマ数字はそれぞれ，剪葉処理月日および剪葉回数を示す  
 図中のエラーバーは標準偏差を示す

第1-1表 ‘羽緑一本太’，‘夏扇パワー’の播種期，セルトレーの規格および1穴当たりの株数の違いが定植期の生育に及ぼす影響と苗の実用性の判定

品種	育苗条件		育苗中			定植期の生育(4月21日)				苗の実用性判定 <sup>x</sup>
	播種期	セルトレー	1穴当たりの株数	の剪葉回数(回)	花芽 <sup>z</sup> 分化率(%)	出葉数 <sup>y</sup> (枚)	草丈(cm)	地上部重(g)	葉鞘径(mm)	
羽緑一本太	9月1日	128穴	1本	2	0	7.1±0.3 <sup>w</sup>	49.5±4.0	15.6±1.4	7.7±0.3	×
			2本	2	0	6.4±0.2	48.3±3.6	9.6±2.4	6.2±0.7	×
		200穴	1本	2	0	6.9±0.2	43.3±2.7	9.5±1.0	6.3±0.3	×
			2本	2	0	6.4±0.2	42.5±3.5	4.7±1.1	4.8±0.5	×
	9月16日	128穴	1本	1	10	6.0±0.2	50.3±4.4	16.6±1.5	8.0±0.3	×
			2本	1	0	5.6±0.1	41.1±2.6	8.9±1.2	6.3±0.4	×
		200穴	1本	1	0	5.8±0.2	51.1±4.8	12.6±1.1	6.8±0.4	×
			2本	1	0	5.5±0.2	43.4±3.2	5.2±0.9	4.8±0.3	×
	10月1日	128穴	1本	0	10	5.3±0.1	49.9±2.8	20.8±1.8	8.7±0.4	×
			2本	0	0	4.9±0.2	42.3±3.3	11.0±2.1	6.7±0.5	○(90%) <sup>v</sup>
		200穴	1本	0	0	4.9±0.2	45.8±2.1	12.1±1.2	6.9±0.4	○(100%)
			2本	0	0	4.7±0.2	33.1±2.8	4.4±0.8	5.1±0.4	×
	10月15日	128穴	1本	0	0	4.2±0.1	35.8±1.8	9.8±1.4	7.1±0.5	○(100%)
			2本	0	0	3.8±0.2	35.9±2.6	7.5±1.5	5.9±0.3	○(50%)
		200穴	1本	0	0	4.2±0.2	45.9±2.9	10.2±1.3	6.3±0.3	○(90%)
			2本	0	0	3.6±0.2	38.8±3.7	5.3±0.7	5.0±0.3	×
	11月4日	128穴	1本	0	0	3.2±0.1	30.0±1.8	4.3±0.4	5.2±0.3	×
			2本	0	0	3.0±0.1	28.0±2.7	3.5±0.7	4.9±0.4	×
		200穴	1本	0	0	3.0±0.1	28.6±0.7	3.4±0.2	4.8±0.1	×
			2本	0	0	2.9±0.1	25.8±1.4	2.1±0.3	3.8±0.3	×
分散分析 <sup>u</sup>		播種期(A)			**	**	**	**		
		セルトレー(B)			**	ns	**	**		
		1穴当たりの株数(C)			**	**	**	**		
		A×B			ns	*	*	*		
		A×C			ns	ns	*	*		
		B×C			ns	ns	ns	ns		
		A×B×C			ns	ns	ns	ns		
夏扇パワー	9月1日	128穴	1本	3	10	7.6±0.2	46.7±3.9	15.0±2.0	7.5±0.6	×
			2本	3	0	6.6±0.4	45.5±2.7	8.1±1.5	5.9±0.4	×
		200穴	1本	3	0	6.8±0.3	44.4±5.4	10.8±0.8	6.9±0.3	×
			2本	3	0	6.3±0.3	38.2±1.6	4.0±0.7	4.5±0.3	×
	9月16日	128穴	1本	1	40	6.0±0.3	54.0±3.9	17.0±3.2	7.5±0.5	×
			2本	1	0	5.5±0.2	51.9±2.7	10.9±1.6	6.2±0.4	×
		200穴	1本	1	0	5.6±0.2	49.9±2.3	11.8±1.2	6.5±0.4	×
			2本	1	0	5.3±0.2	49.5±1.9	6.1±0.8	4.8±0.4	×
	10月1日	128穴	1本	0	40	4.8±0.2	48.1±3.4	18.7±2.5	8.4±0.5	×
			2本	1	0	4.5±0.1	41.5±1.4	10.6±1.2	7.1±0.3	×
		200穴	1本	1	10	4.6±0.2	46.1±1.2	12.8±0.6	6.9±0.3	×
			2本	1	0	4.4±0.2	44.1±2.3	7.3±1.1	5.6±0.2	×
	10月15日	128穴	1本	0	0	4.1±0.1	43.9±4.1	13.5±2.3	8.1±0.6	○(100%)
			2本	0	0	3.8±0.2	49.2±2.2	10.4±1.3	6.6±0.3	○(100%)
		200穴	1本	0	0	3.8±0.2	45.7±3.9	9.1±1.1	6.2±0.4	○(70%)
			2本	0	0	3.5±0.1	47.4±2.9	7.0±0.8	5.4±0.3	×
	11月4日	128穴	1本	0	0	3.2±0.1	30.7±1.8	4.2±0.5	5.5±0.4	×
			2本	0	0	3.1±0.1	29.5±1.8	2.6±0.3	4.2±0.3	×
		200穴	1本	0	0	3.1±0.1	30.1±1.2	3.2±0.2	4.8±0.3	×
			2本	0	0	2.9±0.1	27.5±2.1	2.2±0.4	4.1±0.3	×
分散分析 <sup>u</sup>		播種期(A)			**	**	**	**		
		セルトレー(B)			**	ns	**	**		
		1穴当たりの株数(C)			**	ns	**	**		
		A×B			ns	ns	*	ns		
		A×C			ns	ns	**	ns		
		B×C			ns	ns	ns	ns		
		A×B×C			ns	ns	ns	ns		

<sup>z</sup>4月8日の調査結果

<sup>y</sup>4月14日の調査結果

<sup>x</sup>育苗中に剪葉処理が不要で，定植期に花芽が未分化で葉鞘径が概ね6mm以上の処理区を実用性あり(○)とし，その条件にひとつでも該当しない場合があった処理区を実用性なし(×)とした

<sup>w</sup>平均値±標準偏差

<sup>v</sup>実用性判定があり(○)と判定された処理区で，葉鞘径が6mm以上の苗の割合

\*\*は1%，\*は5%水準で有意差あり，nsは有意差なし(3元配置分散分析)

第 1-2 表 育苗条件が定植期の草丈, 地上部重および葉鞘径に及ぼす影響の重回帰分析による評価

育苗条件 (変数名)	草丈			地上部重			葉鞘径		
	偏回帰 係数 <sup>u</sup>	標準偏 回帰係 数 <sup>u</sup>	P値	偏回帰 係数	標準偏 回帰係 数	P値	偏回帰 係数	標準偏 回帰係 数	P値
品種 <sup>z</sup>	5.34	0.34	<0.01	1.79	0.19	0.02	0.39	0.16	0.04
播種期(育苗日数) <sup>y</sup>	0.53	1.50	<0.01	0.25	1.15	<0.01	0.05	0.99	<0.01
セルトレー(1穴の面積) <sup>x</sup>	0.23	0.07	0.32	0.71	0.37	<0.01	0.23	0.46	<0.01
1穴当たりの株数 <sup>w</sup>	-2.95	-0.19	0.02	-4.79	-0.50	<0.01	-1.36	-0.55	<0.01
剪葉回数 <sup>v</sup>	-7.48	-0.93	<0.01	-3.92	-0.81	<0.01	-0.90	-0.72	<0.01
定数項	-63.54		<0.01	-40.13		<0.01	-5.15		<0.01
重回帰式の決定係数 <sup>t</sup>		0.79			0.80			0.81	
重回帰式の分散分析 <sup>s</sup>		**			**			**	

<sup>z</sup>‘羽緑一本太’は1, ‘夏扇パワー’は2とした

<sup>y</sup>播種から定植時(4月21日)までの日数, 9/1, 9/16, 10/1, 10/15 および 11/4 播種はそれぞれ 228, 213, 198, 184 および 164 日

<sup>x</sup>トレー面積(30 cm×59 cm)と穴数から1穴当たりの面積を換算, 128 穴, 200 穴はそれぞれ 13.83, 8.85 cm<sup>2</sup>

<sup>w</sup>1 本区は1, 2 本区は2

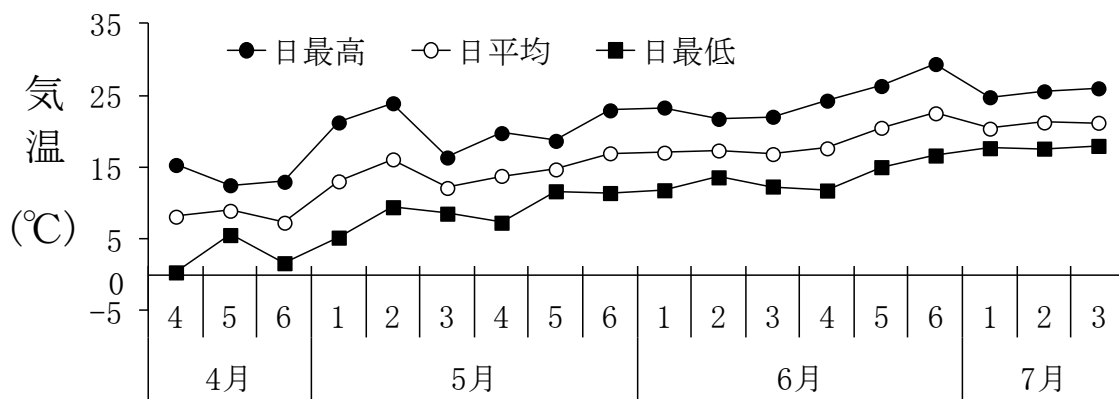
<sup>v</sup>育苗中の剪葉回数

<sup>u</sup>育苗条件を説明変数, 草丈, 地上部重および葉鞘径の平均値をそれぞれ目的変数とし重回帰分析した(n=40)

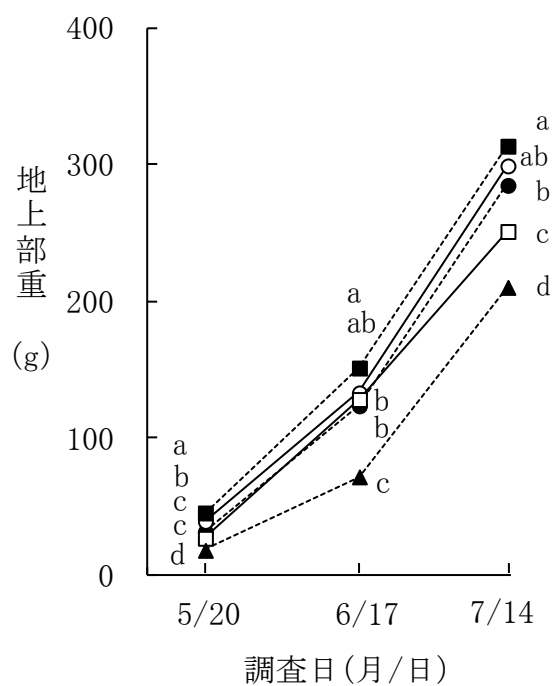
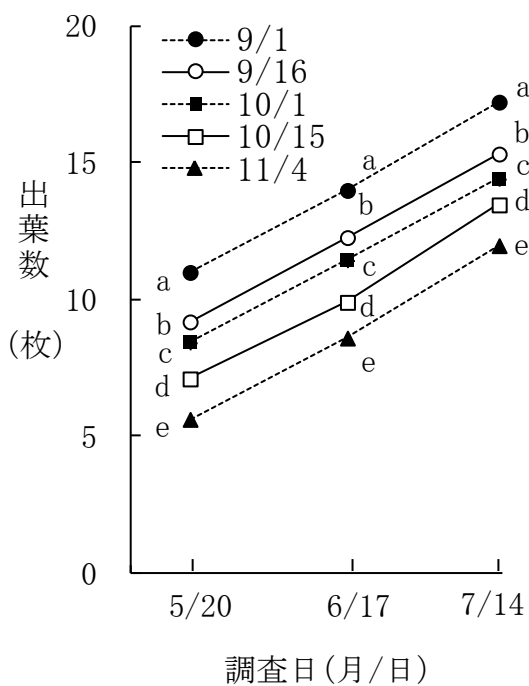
<sup>t</sup>自由度修正済み

<sup>s</sup>分散分析により\*\*は1%水準で有意





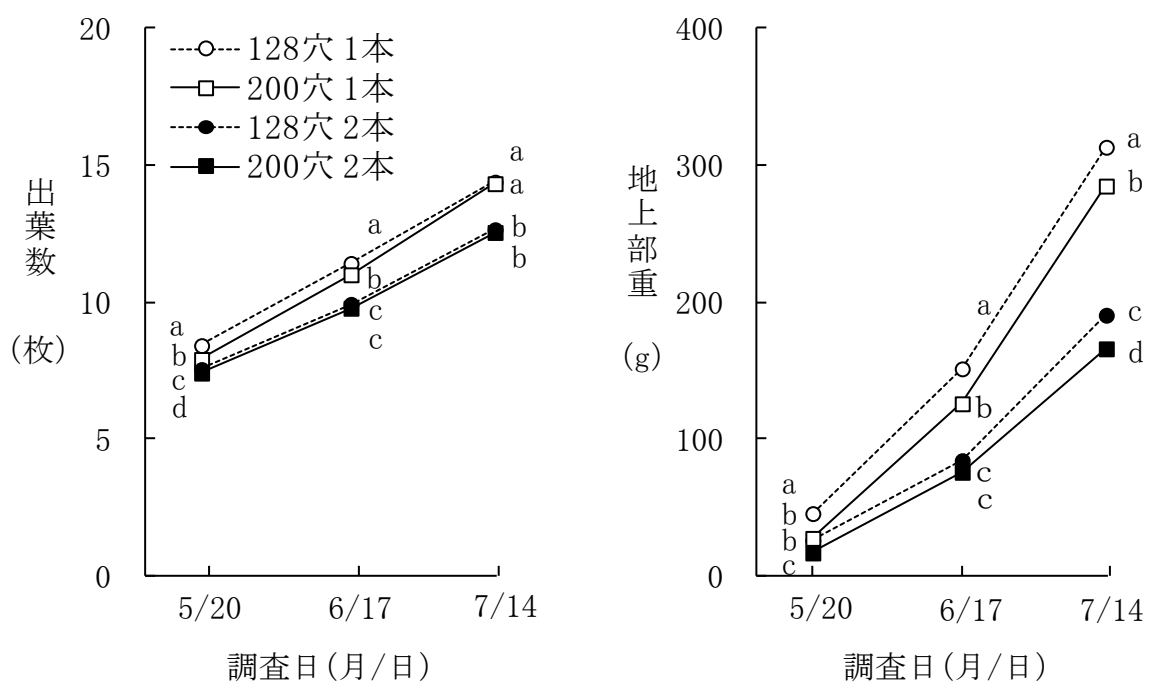
第1-6図 2009年4~7月における半旬ごとの気温  
 秋田県大正寺のアメダスデータを用いた  
 日最高、日平均および日最低は半旬ごとの平均値を示す



第 1-7 図 ‘羽緑一本太’ の播種期の違いが定植後の出葉数および 地上部重に及ぼす影響

セルトレーの規格は 128 穴, 1 穴当たりの株数は 1 本

調査日ごとの異なる英文字間には 5%水準で有意差あり (Tukey 法)



第1-8図 ‘羽緑一本太’のセルトレーの規格と1穴当たり株数の違いが定植後の出葉数および地上部重に及ぼす影響  
 播種期は10月1日  
 調査日ごとの異なる英文字間には5%水準で有意差あり (Tukey法)

第 1-3 表 ‘羽緑一本太’，‘夏扇パワー’ の播種期，セルトレーの規格および 1 穴当たりの株数の違いが収量に及ぼす影響

育苗条件		抽苔		収穫調査(7月14日)												
品種	播種期	セルトレー	1穴当たりの株数	率 <sup>z</sup> (%)	出葉数(枚)	調製前				調製後 <sup>y</sup>						収量(kg・a <sup>-1</sup> )
						地上部重(g)	葉鞘径(mm)	草丈(cm)	軟白長(cm)	地上部重(g)	規格別比率 <sup>x</sup> (%)					
										2L	L	M	S	外		
羽緑一本太	10月1日	128穴	2本	0	12.7±0.4 <sup>w</sup> c <sup>v</sup>	190±30 c	17.1±1.2 c	100±5 a	28±2 a	120±17 c	0	50	47	3	0	480
		200穴	1本	0	14.3±0.5 a	285±29 a	21.7±1.4 a	95±4 b	27±1 ab	168±18 a	23	77	0	0	0	336
	10月15日	128穴	1本	0	13.5±0.4 b	251±42 b	20.7±1.6 b	95±4 b	26±2 b	149±22 b	10	78	7	0	5	287
		200穴	2本	0	11.9±0.4 d	187±32 c	17.4±1.7 c	95±5 b	26±1 b	117±20 c	0	46	46	5	3	458
夏扇パワー	10月15日	128穴	1本	0	12.6±0.4 c	245±25 b	20.1±1.2 b	95±4 b	26±1 b	154±22 ab	11	84	5	0	0	308
		200穴	1本	0	13.2±0.4 a	336±38 a	21.9±1.3 a	101±4 a	30±2 a	207±27 a	86	14	0	0	0	414
	10月8日	128穴	2本	0	11.8±0.3 c	214±32 c	17.7±1.5 b	96±4 b	28±2 b	146±19 c	2	88	10	0	0	584
		200穴	1本	0	12.7±0.5 b	284±35 b	21.3±1.4 a	96±4 b	28±2 b	183±21 b	57	43	0	0	0	366

<sup>z</sup>5月8日～6月24日の調査結果

<sup>y</sup>葉数 2.5～3.5枚，長さ 60 cm に調製

<sup>x</sup>2L, L, M, S は，それぞれ調製後の地上部重 180 g 以上，120 g 以上 180 g 未満，80 g 以上 120 g 未満，80 g 未満，外は軟白長が 25 cm 未満

<sup>w</sup>平均値±標準偏差

<sup>v</sup>品種ごとの異なる英文字間には 5%水準で有意差あり (Tukey 法)

第1-4表 7月どり栽培の現地実証試験における定植期の生育と収穫期の収量

試験年	試験場所	調査日	定植期			抽苔率 <sup>z</sup> (%)	調査日	収穫期				
			地上部重 (g)	葉鞘径 (mm)	草丈 (cm)			調製前		調製後 <sup>y</sup>		収量 (kg・a <sup>-1</sup> )
								地上部重 (g)	草丈 (cm)	地上部重 (g)	2L <sup>x</sup> 比率 (%)	
2010	能代市	4月15日	7.5±1.3 <sup>w</sup>	6.8±0.4	35±4	3	7月19日	295±29	97±4	194±24	71	404
2011	横手市	4月22日	8.5±2.4	6.6±0.7	35±3	0	7月12日	300±36	98±4	188±23	80	421

<sup>z</sup>6月2日～7月1日の調査結果

<sup>y</sup>葉数2.5～3.5枚，長さ60 cmに調製

<sup>x</sup>調製後の地上部重180 g以上

<sup>w</sup>平均値±標準偏差



第 1-9 図 定植期におけるセルトレー育苗の生育  
(2009 年 4 月 21 日, 品種 ‘夏扇パワー’)  
左 : 10 月 15 日播種・128 穴・1 本区  
右 : 慣行育苗での小苗 (2 月 10 日播種,  
連結紙筒 1 穴当たり株数 2 本)

## 第2章 セルトレー育苗による夏どり栽培の成立要因の解明

### 第1節 定植時の剪葉と剪根が生育、窒素吸収量、収穫時期および収量に及ぼす影響

#### 緒言

ネギの夏どり栽培は、暖地や温暖地の場合、秋まきによる年内の定植または露地での育苗を活用した作型が確立している（野菜茶業研究所，2010）。しかし、寒冷地では、積雪や低温によって、秋まきによる年内の定植や露地での育苗が困難なため、7月から収穫する夏どり栽培で目標収量を確保できないことが課題であった。第1章では、寒冷地である秋田県で、無加温ビニルハウスを活用して、10月上～中旬にセルトレーに播種して越冬育苗し、育苗中の倒伏防止のための剪葉が不要で、定植時に花芽分化が認められず、葉鞘径が概ね6 mm以上の大苗を翌年の4月中旬に定植することで、7月中旬から収穫でき、目標である $300 \text{ kg} \cdot \text{a}^{-1}$ 以上の収量を確保できることを明らかにした。この栽培方法で7月どりと目標収量の確保を可能にした要因として、剪葉を回避した大苗を用いたこと、定植時に断根しないセルトレーで育苗したことが考えられた。実際、筆者ら（2006）は、10月上旬に播種し、掘り上げ時に断根が生じるが大苗に育苗できる地床育苗した葉鞘径8.9 mm程度の苗を、倒伏防止のために剪葉して4月中旬に定植した場合、7月25日に収穫は可能であったが、目標収量である $300 \text{ kg} \cdot \text{a}^{-1}$ には達しなかった。定植時の剪葉と断根がネギの生育を抑制することは経験的に知られていたが、ポット試験で剪葉と剪根の影響を検討した報告（本庄・武田，2009；武田・本庄，2007）、圃場試験では、秋冬どり栽培で地床苗の剪葉が102日目の初期生育に及ぼす影響を検討した報告（岩崎ら，2008）はあるものの、定植時の剪葉と剪根が収穫までの生育や養分の吸収に及ぼす影響を詳細に検討した報告はみあたらない。特に、ネギは、定植後は収穫まで土寄せを4～5回程度実施することで出荷できる軟白長を確保する独特な栽培管理を行うため、通常の栽培環境である圃場で剪葉と剪根の影響を検討することは重要である。

そこで、本研究では、セルトレー育苗において剪葉と断根を回避した優位性を明らかにし、夏どり栽培の成立要因を解明するため、ネギの定植時の剪葉と剪根が地上部と根の生育、窒素吸収量、収穫時期および収量に及ぼす影響を検討した。

## 材料および方法

本研究は秋田県農業試験場で実施した。供試圃場は、前年に緑肥（ソルガム）を栽培し、土壌タイプは表層多腐植質多湿黒ボク土である。供試品種は‘夏扇パワー’とした。2012年10月19日に、園芸用育苗培土（ $N : P_2O_5 : K_2O = 600 : 7,000 : 150 \text{ mg} \cdot L^{-1}$ ）を充填した128穴セルトレーに播種した。出芽までは0.02 mm厚の透明の有孔ポリエチレンフィルムで被覆し、出芽揃い期までは内部の気温が $25^\circ\text{C}$ 以上、それ以降は $15^\circ\text{C}$ 以上の時に換気を行った。1穴当たりの苗立ち本数は、播種後に間引いて1本とした。防寒対策として、幅80 cm、高さ80 cmに設置したトンネル支柱の上から厚さ0.05 mmのポリエチレンフィルムを1月上旬～2月中旬の間、毎日午後4時～午前8時にかけて被覆した（以下、育苗時の防寒対策は同様に行った）。追肥は液肥（ $N : P_2O_5 : K_2O = 10 : 4 : 8$ ）を50倍に希釈し、2月14日、3月7日、3月25日、4月9日に1セルトレー（30 cm×60 cm）当たり500 mL施用した。2013年4月22日に発芽時からの本葉の出葉数3.9枚、草丈38.0 cm、生葉数2.7枚（先端からの黄化割合が7割未満の展開葉数に展開途中の葉の抽出割合を加えたもの）、地上部重5.9 g、葉鞘径5.9 mmの苗を用いて、剪葉処理（以下、剪葉と略記）、剪根処理（以下、剪根と略記）および剪葉と剪根の組み合わせ処理（以下、剪葉＋剪根と略記）を行った。剪葉は、地際部から高さ20 cmの位置で剪除（地上部の乾物重で24%剪除）した。剪根は、苗の根をほぐしながら育苗培土を落とした後、茎盤の基部から1 cm長の位置で根を剪除（根の乾物重で64%剪除）した（第2-1-1図）。剪葉および剪根の剪除の割合は、実際の生産現場で地床育苗した苗で行われる剪葉と断根（剪根）の剪除の程度を参考にした。試験区は無剪葉および無剪根の無処理区、剪葉のみの剪葉区、剪根のみの剪根区および剪葉＋剪根区の計4区とした。同日中に、各処理後のセル成型苗を、畝間100 cm、溝切り機で溝の深さ15 cm・溝底の幅25 cmに成型した植え溝に、移植機を用いて植え付け間隔5 cm、深さ10 cmで定植した。基肥には化成肥料で $N : P_2O_5 : K_2O = 1.4 : 1.9 : 1.4 \text{ kg} \cdot a^{-1}$ を、追肥には $N : P_2O_5 : K_2O = 1.5 : 0.4 : 1.5 \text{ kg} \cdot a^{-1}$ を4回に分けて施用した。土寄せは合計で5回行った。最終の土寄せは7月1日に行い、茎盤から高さ27 cmまで土寄せした。各処理区とも $5 \text{ m}^2$ の3反復で試験を行った。

定植から収穫期まで10～20日間隔で各処理区の同一の7個体について出葉数を3反復で調査し、同時に掘り取り調査を行い、草丈、生葉数、地上部重および葉鞘径を各処理区7個体について3反復で計測した。また、各掘り取り調査時に実体顕微鏡を用いて根数を調査し、定植から60、88および120日目には根を茎盤からすべて切除し、切除した1次根の直径をデジタルノギスで計測した。根数と1次根の直径の調査は各処理区7個体とした。定植から60、88および120日目に各処理区3個体の3反復において葉身部と葉鞘部の乾燥試料から30 mgを秤量し、C/Nコーダー（Sumigraph NC-22F、（株）住友分析センター、以下、使用するC/Nコーダーは同機種）で窒素含有率を測定し、乾物当たりの窒素吸収量を算出した。定植から88、105および120日目に、各処理区7個体の3反復において、葉数を2.5～3.5枚、茎盤からの長さを60 cmに調製し、調製後の地上部重と軟白長を測定した。調製品の規格別比率と収量は、全農秋田の青果物標準出荷基準に従い、調製後の地上部重から算出した。



## 結 果

### 1. 定植時の剪葉と剪根が地上部の生育に及ぼす影響

出葉数は、最終調査日である8月20日まで各処理区とも増加し、14~16枚程度に達した(第2-1-2図, 第2-1-3図)。出葉数に及ぼす剪葉の影響は期間をとおして認められなかった。剪根の影響は5月22日以降から認められ、8月20日では、無処理区と剪葉区が15.7~16.1枚と同程度であったが、剪根区と剪葉+剪根区では14.6~15.1枚と少なかった。草丈は8月5日には各処理区とも85~90cmまで増加したが、それ以降は伸長が停滞した。また、剪葉区の草丈は、5月2日で32cmと無処理区の42cmより短かったが、5月2~22日の草丈の増加が6.2cm/7日と無処理区の2.2cm/7日より大きかったため、5月22日以降は無処理区と同程度で推移した。剪根区と剪葉+剪根区の草丈は6月6日でも38cmと無処理区の51cmより短かったが、6月6~21日の草丈の増加が5.2~6.3cm/7日と無処理区の3.1cm/7日より急激に伸長し、6月21日以降は無処理区より4~5cm短い程度で推移した。生葉数は、各処理区とも6月6日以降順調に増加し、8月20日には6~8枚程度に達した。生葉数に及ぼす剪葉と剪根の影響は8月20日まで認められ、8月20日の生葉数は無処理区が8.0枚と最も多く、次いで剪葉区で7.5枚、剪根区で7.0枚の順に多く、剪葉+剪根区では6.4枚と最も少なかった。地上部重は6月21日以降、各処理区とも急激に増加したが、剪葉区、剪根区および剪葉+剪根区ともに無処理区に追いつかず、逆に、剪根区および剪葉+剪根区では無処理区との差が大きくなった。その結果、8月20日の1株当たりの地上部重は無処理区が328gと最も重く、次いで剪葉区の300g、剪根区の241g、剪葉+剪根区の210gと順に軽い傾向となり、剪根の有無には有意差が認められた。葉鞘径は、各処理区とも8月20日まで増加した。葉鞘径に及ぼす剪葉と剪根の影響は8月20日まで認められ、8月20日の葉鞘径が無処理区で25.3mmと最も太く、次いで剪葉区の24.2mm、剪根区の22.3mmと続き、剪葉+剪根区が20.8mmと最も細かった。

### 2. 定植時の剪葉と剪根が根の生育に及ぼす影響

根数は、剪根した根が伸長せずに枯死したため(第2-1-4図)、剪根区と剪葉+剪根区で5月22日まで一時的に減少したが、それ以降は増加した(第2-1-5図)。根数に及ぼす剪葉の影響は5月22日~6月21日まで認められ、剪葉区の根数は6月21日まで無処理区より少なかったが、それ以降は8月20日まで同程度に推移した。一方、剪根の影響は8月20日まで認められたが、5月22日~6月21日の剪根区と剪葉+剪根区の根数の増加速度は無処理区の1.2本/7日に対して3.0~3.5本/7日とより大きかった。8月20日の根数は、無処理区と剪葉区で86.1~92.4本であったのに対し、剪根区と剪葉+剪根区は68.1~70.6本と少なかった。

根の太さは、6月6日調査の場合、剪葉区の太さ0.7~0.8mmの割合は無処理区と同等であったが、0.9mm以上の割合は無処理区より低い傾向が認められた(第2-1-6図)。剪

根区と剪葉+剪根区では、太さ 0~0.2 mm の根は認められず、太さ 0.9 mm 以上の割合は 2~3%と無処理区より低い傾向が認められた。7月19日調査の場合、剪葉区の太さの分布は無処理区と同様であったが、剪根区と剪葉+剪根区では太さ 0.5 mm 以上の割合は無処理区より低い傾向が認められた。8月20日調査の場合、剪根区と剪葉+剪根区では、太さ 0~0.2 mm の割合が高い傾向が認められたが、それ以外は各処理区とも7月19日と同様な傾向であった。

### 3. 定植時の剪葉と剪根が窒素吸収量に及ぼす影響

窒素含有率は葉身部が葉鞘部より高く、葉身部および葉鞘部とも7月19日以降は低くなる傾向が認められた(第2-1-7図)。また、葉身部と葉鞘部の窒素含有率は、一部で有意差が認められたが、各処理区とも同程度で推移する傾向であった。しかし、窒素吸収量は、葉身部では6月6日~7月19日に各処理区とも急激に増加し、7月19日以降は停滞する傾向が認められ、いずれの調査日とも、無処理区より剪根区と剪葉+剪根区で少なかった。葉鞘部の窒素吸収量は6月6日~8月20日まで各処理区とも停滞なく増加する傾向が認められ、いずれの調査日とも無処理区より剪根区と剪葉+剪根区で少なかった。

### 4. 定植時の剪葉と剪根が収量に及ぼす影響

7月19日には、各処理区とも出荷可能な葉鞘の軟白長である 25 cm 以上に達していた(第2-1-1表)。7月19日では、収量は、無処理区で 320 kg・a<sup>-1</sup>と最も高く、次いで剪葉区で 279 kg・a<sup>-1</sup>、剪根区で 214 kg・a<sup>-1</sup>と順に高かったが、剪葉+剪根区では 192 kg・a<sup>-1</sup>と最も低かった。規格別比率は、単価が高く販売金額の増加につながる 2L と L 規格の占める割合が無処理区で 100%と最も高く、次いで剪葉区で 81%、剪根区で 29%と続き、剪葉+剪根区では 10%と最も低かった。8月5日および8月20日では、各処理区とも収量および規格別比率の 2L と L 規格の占める割合は増加する傾向が認められたが、8月5日以降の増加量は停滞し、特に無処理区の8月5日以降の収量は 400 kg・a<sup>-1</sup>程度、規格別比率の 2L と L 規格の占める割合はそれぞれ 90%と 10%程度で推移した。しかし、8月20日でも、収量は無処理区で 405 kg・a<sup>-1</sup>と最も高く、次いで剪葉区で 386 kg・a<sup>-1</sup>、剪根区で 335 kg・a<sup>-1</sup>と順に高く、剪葉+剪根区では 306 kg・a<sup>-1</sup>と最も低い傾向となり、剪根の有無には有意差が認められた。また、8月20日の最も規格が大きい 2L の占める割合は無処理区で 90%と最も高く、次いで剪葉区で 57%、剪根区で 29%と続き、剪葉+剪根区では 5%と最も低かった。

## 考 察

ネギの生産現場では、定植時の倒伏防止のためやむを得ず剪葉する場合や、地床育苗の採苗時には断根（剪根）する場合があるが、それらがネギの生育に及ぼす影響を検討した報告は少なかった。しかし、本研究の結果から、定植時の剪葉と剪根は生育を抑制することが明確に示された。それらの影響を比較すると、剪葉した場合、地上部の生葉数および葉鞘径の増加は8月20日まで抑制された。しかし、根の生育は、根数の増加と根の肥大が一時的に抑制されたものの、7月19日には無処理区と同程度まで回復した。一方、剪根した場合、地上部では出葉数、草丈、生葉数、地上部重および葉鞘径の増加が8月20日まで抑制されるとともに、根の生育は、根数の増加、根の肥大とも8月20日まで著しく抑制された。このように、定植時の剪根の方が剪葉より生育を抑制する度合いが大きかった。しかし、比較的、生育を抑制する程度の小さい剪葉でも、最終調査日の8月20日の収量は無処理区に及ばないことから、剪葉および剪根は、できるだけ避けるべきであると考えられた。

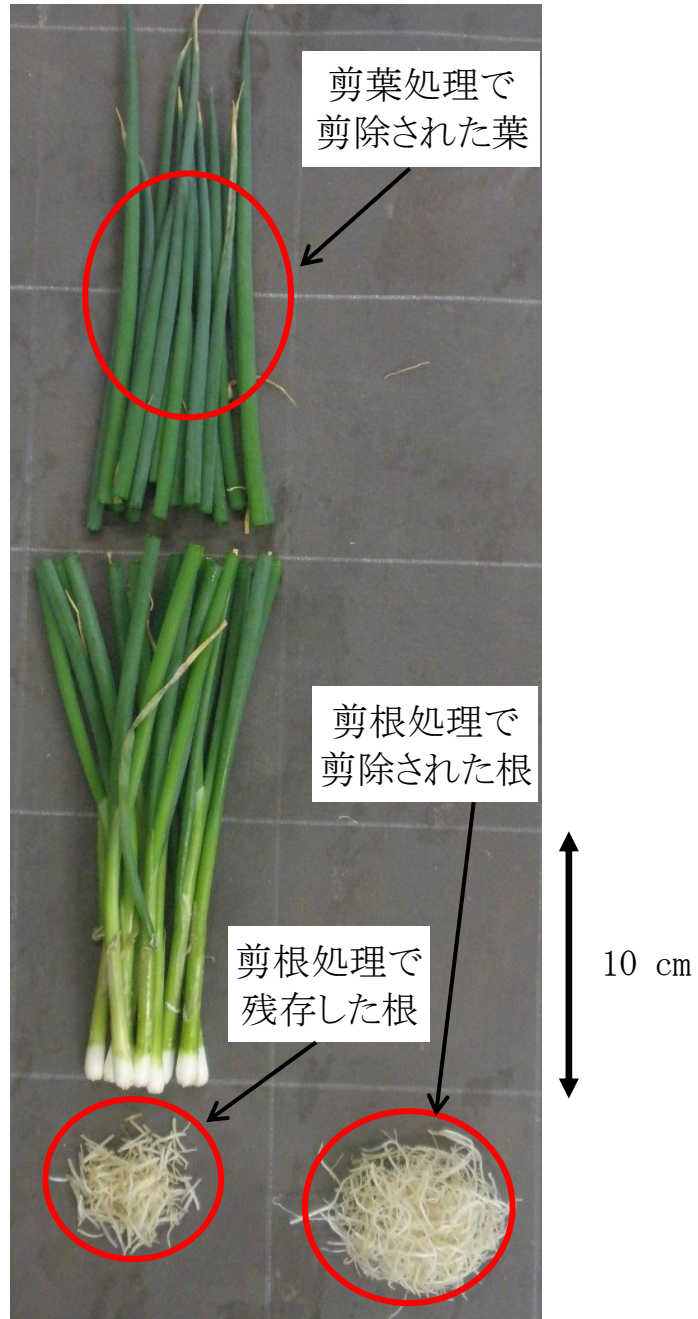
さらに、剪葉した場合、5月2～22日の草丈は一時的に無処理区より急速に伸長したが、逆にその時期の根数の増加は抑制された。剪葉によって根の生育が抑制されることは、牧草 (Crider, 1955)、水稻 (星川・庄司, 1982; 佐藤, 1968; 山本・久野, 1990) で報告され、Brouwer・De Wit (1969) はインゲンマメにおいて、佐藤 (1968) は水稻において、剪葉によって葉身が失われた場合、葉身を優先的に回復するために一時的に発根が抑えられると報告している。ネギの生産現場では、剪葉がむしろ生育を促進すると考える生産者も存在するが、剪葉に伴って認められるこの草丈の急速な伸長現象が、生産者の誤解を生む一因であると考えられた。また、剪根した場合、5月22日～6月21日の根数の増加は一時的に無処理区より大きかったが、逆にその時期の出葉数、草丈および地上部重の増加が抑制された。断根によって地上部重の増加が抑制されることは、タマネギ (加藤, 1965)、水稻 (張・角田, 1982; 山本ら, 1978) で報告され、山本ら (1978) は、剪根によって根が失われた場合、根を優先的に回復するために根への乾物分配率が高まると報告している。以上のように、失われた器官の生育を一時的に促進するとの報告 (Brouwer・De Wit, 1969; 佐藤, 1968; 山本ら, 1978) と同様な現象が、本研究においても認められた。

ネギの乾物当たりの窒素含有率は、定植後は上昇し、その後、低下するパターンを示し (林ら, 2006; 加賀屋ら, 1997; 田中・小山田, 2000b)、葉身部で2.3%前後、葉鞘部では1.4%前後で推移すると報告 (林ら, 2003) され、本研究の結果とほぼ一致した。本研究では、剪葉と剪根の違いによる窒素含有率の差は小さかったが、地上部の窒素吸収量は、地上部の生育に応じて剪根の方が剪葉より少なかった。剪根した区では、剪根された根が枯死するのに伴い根数が大きく減少し、その後、新根数は増加するものの、総計では根数が少なく、新根も細く短いことから、結果的に剪根した区の根域が狭くなったと想定される。そのため、剪根した区では、均一に施肥されている土壤から生育に必要な窒素を十分に吸収できず、地上部と根の生育が無処理区より著しく劣ったと考えられた。

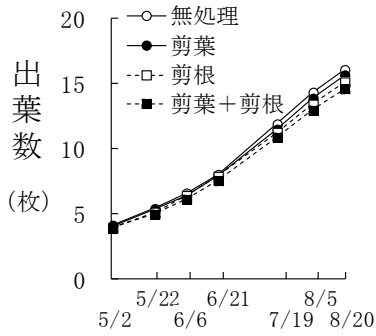
ネギの出荷の可否は軟白長で判断され、出荷時の規格は調製後の重量または葉鞘の太さ

で決定される。本研究で示したとおり、ネギの草丈は、剪葉または剪根しても、時期は異なるが、比較的早期に無処理区と同程度の大きさに達するため、各処理区とも7月19日には軟白長が出荷基準に達していた。しかし、地上部重および葉鞘径は剪葉および剪根により増加が抑制され、特に剪根した区の地上部重の増加は著しく劣り、秋田県における夏どり栽培の目標収量である  $300 \text{ kg} \cdot \text{a}^{-1}$  に達した時期は、無処理区の7月19日に対し、剪葉区では8月5日、剪根区と剪葉+剪根区では8月20日と遅れた。このことは、生産現場でやむを得ず行われている定植時の剪葉や、地床育苗の採苗に伴う断根（剪根）は、早期の収穫を目指す場合には収量が不足し、十分な収量を得ようとすれば収穫期が遅延することを示唆している。従って、筆者ら（2006）が、地床育苗による大苗で7月どり栽培の開発に取り組んだ際に、7月25日に収穫できたものの目標収量である  $300 \text{ kg} \cdot \text{a}^{-1}$  に達しなかったのは、採苗時の断根（剪根）の影響が特に大きかったと考えられた。

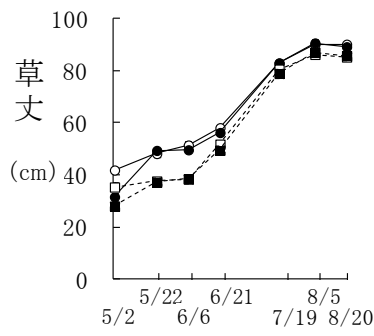
春の定植時期が限定される寒冷地で早期収穫を目指す栽培法を開発するには、定植後のネギを遅延なく生育させることが重要である。第1章では、剪葉や剪根を必要としないセル成型苗を用いた大苗を利用することで、夏どり栽培で目標収量である  $300 \text{ kg} \cdot \text{a}^{-1}$  以上を可能としたが、本研究の結果からも、本栽培の成立には、剪葉と剪根を回避した大苗の利用が重要であると考えられた。



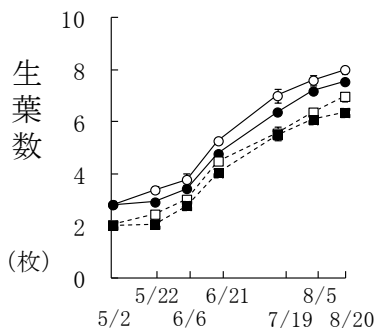
第 2-1-1 図 定植時の剪葉と剪根処理の状況



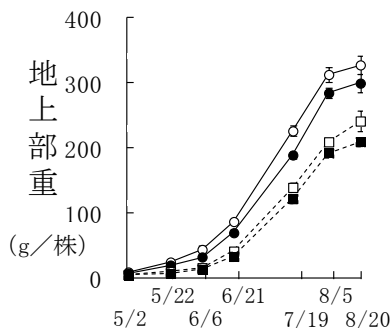
剪葉(A)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
剪根(B)	ns	*	*	ns	*	***	***
A×B	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns



**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
**	**	**	**	*	*	*	*
ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

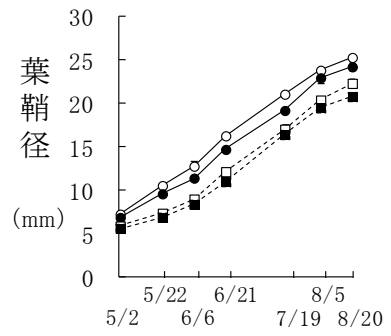


剪葉(A)	ns	**	*	**	ns	*	**
剪根(B)	**	**	**	**	**	**	**
A×B	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns



調査日(月/日)

ns	*	*	**	**	*	ns
**	**	**	**	**	**	**
ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns



ns	**	*	**	*	*	*
**	**	**	**	**	**	**
ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

第2-1-2図 ネギの定植時の剪葉と剪根が地上部の生育に及ぼす影響

図中のエラーバーは標準誤差を示す (n=3)

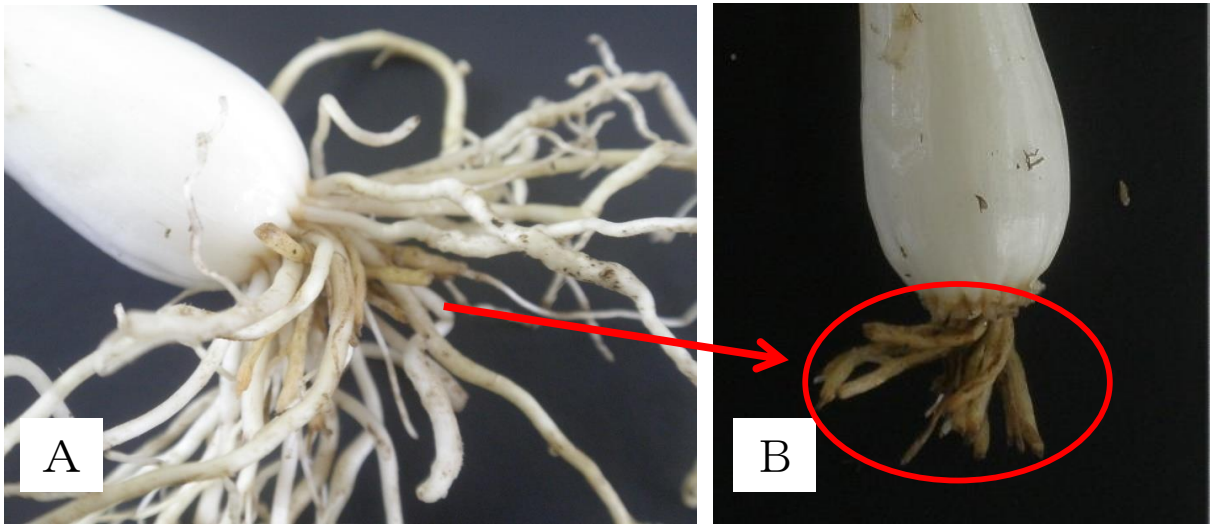
剪葉 (A) は剪葉の効果, 剪根 (B) は剪根の効果, A×B は剪葉と剪根の間における交互作用を示す

調査日ごとに\*\*は1%, \*は5%水準で有意差あり, nsは有意差なしを示す (2元配置分散分析)



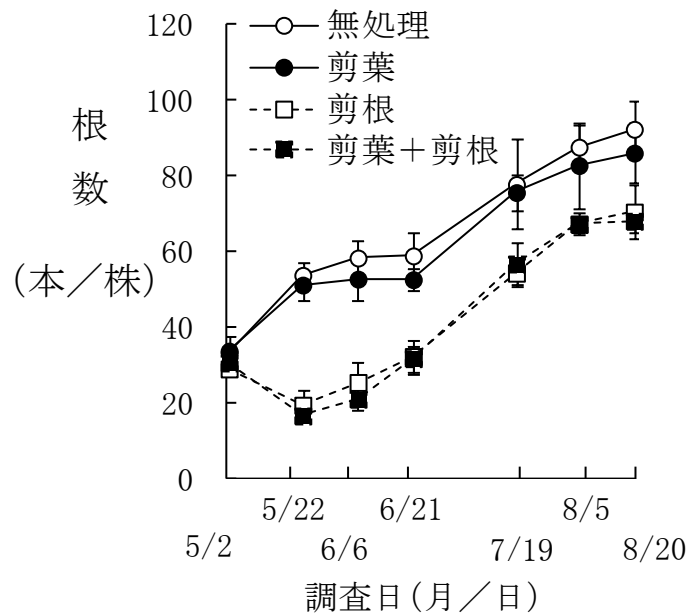
剪葉区                  剪根区                  剪葉+剪根区          無処理区

第2-1-3図 定植45日目の生育 (2013年6月6日)



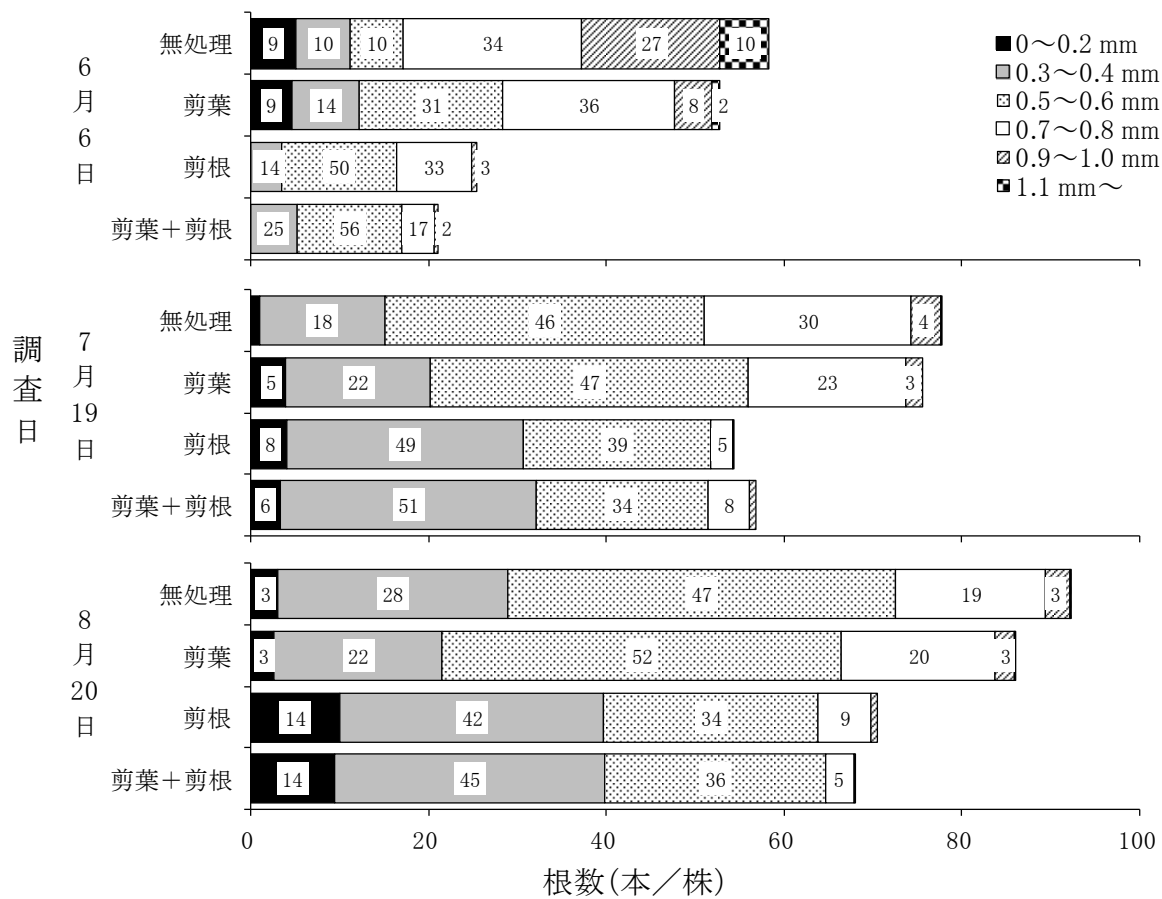
第 2-1-4 図 定植 45 日目の剪根区の根の状況 (2013 年 6 月 6 日)  
BはAの外側の根を除去した状態, 定植時に剪根した根 (Bの赤丸内) が枯死している



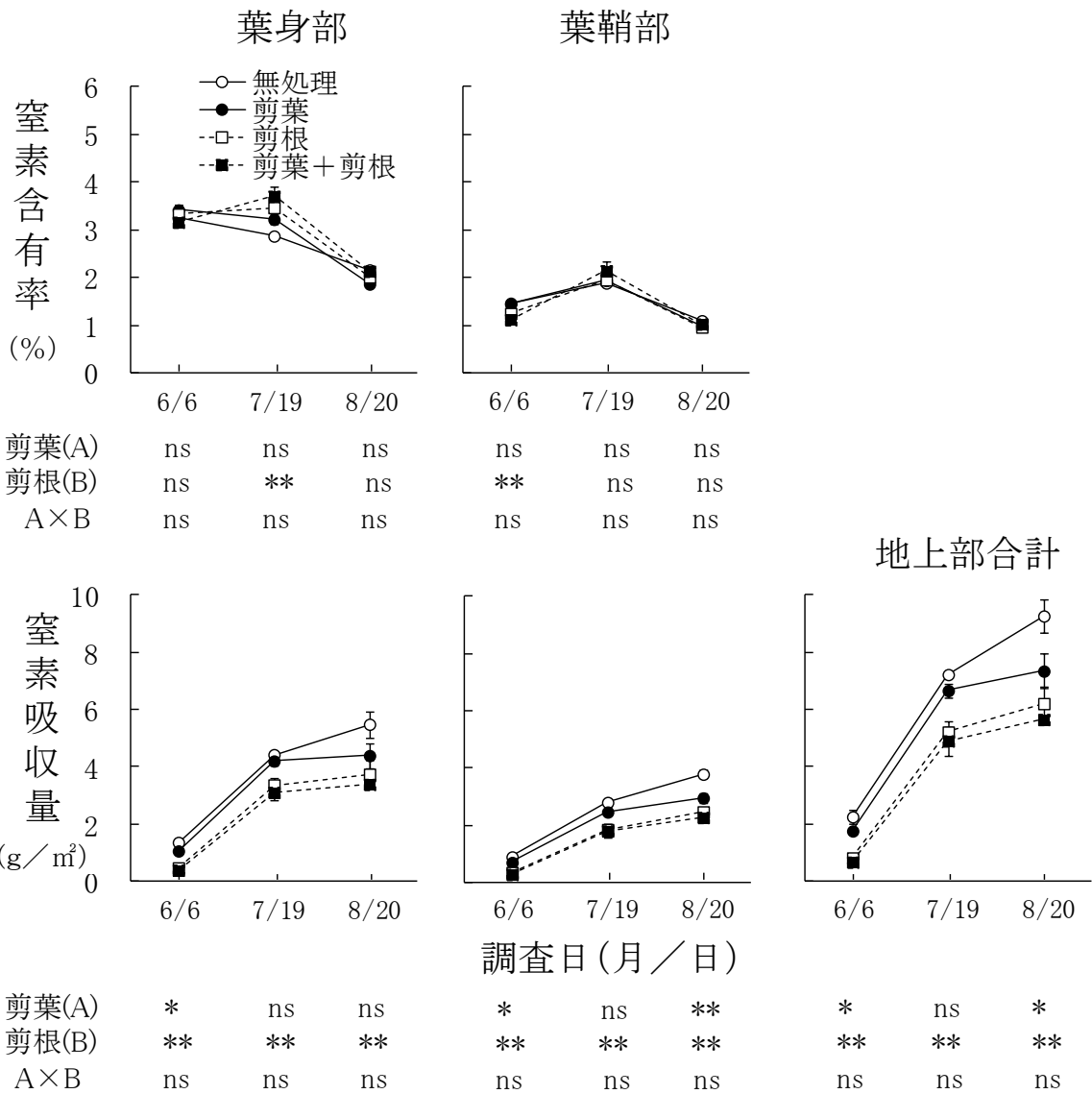


剪葉(A)	ns	*	**	*	ns	ns	ns
剪根(B)	**	**	**	**	**	**	**
A×B	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

**第2-1-5 図** ネギの定植時の剪葉と剪根が根数 に及ぼす影響  
 図中のエラーバーは標準偏差を示す (n=7)  
 剪葉 (A) は剪葉の効果, 剪根 (B) は剪根の効果,  
 A×B は剪葉と剪根の間における交互作用を示す  
 調査日ごとに\*\*は1%, \*は5%水準で有意差あり,  
 ns は有意差なしを示す (2元配置分散分析)



第 2-1-6 図 ネギの定植時の剪葉と剪根が根の太さに及ぼす影響  
 根の直径はデジタルノギスを用いて 0.1 mm 単位で計測  
 棒中の数値はそれぞれの直径ごとの総根数に占める割合 (%) を示す



第2-1-7図 ネギの定植時の剪葉と剪根が乾物当たり窒素含有率および窒素吸収量に及ぼす影響

図中のエラーバーは標準誤差を示す (n=3)

剪葉 (A) は剪葉の効果, 剪根 (B) は剪根の効果, A×Bは剪葉と剪根の間における交互作用を示す

調査日ごとに\*\*は1%, \*は5%水準で有意差あり, nsは有意差なしを示す (2元配置分散分析)

第 2-1-1 表 ネギの定植時の剪葉と剪根が収穫時期および収量に及ぼす影響

試験区	7月19日				8月5日				8月20日									
	軟白長 <sup>z</sup>	収量 <sup>y</sup>	規格別比率 <sup>x</sup>				軟白長	収量	規格別比率				軟白長	収量	規格別比率			
			2L	L	M	S			2L	L	M	S			2L	L	M	S
	(kg・a <sup>-1</sup> )	(%)					(kg・a <sup>-1</sup> )	(%)					(kg・a <sup>-1</sup> )	(%)				
無処理	26.7±1.1	320±16 <sup>w</sup>	14	86	0	0	26.2±0.8	404±3	90	10	0	0	26.2±0.9	405±10	90	10	0	0
剪葉	26.4±0.8	279±9	0	81	19	0	26.0±0.8	374±14	62	38	0	0	26.3±0.5	386±15	57	43	0	0
剪根	26.0±0.9	214±17	0	29	71	0	26.4±0.7	297±5	0	95	5	0	25.9±0.7	335±15	29	67	5	0
剪葉+剪根	25.8±1.0	192±11	0	10	76	14	25.9±0.6	266±7	0	86	14	0	26.0±0.6	306±9	5	95	0	0
剪葉(A) <sup>v</sup>	ns <sup>u</sup>	*	-				ns	**	-				ns	ns	-			
剪根(B)	ns	**	-				ns	**	-				ns	**	-			
A×B	ns	ns	-				ns	ns	-				ns	ns	-			

<sup>z</sup>葉鞘の茎盤から軟白上部までの長さ

<sup>y</sup>葉数 2.5~3.5 枚, 長さ 60 cm に調製

<sup>x</sup>2L, L, M, S は, それぞれ調製後の地上部重 180 g 以上, 120 g 以上 180 g 未満, 80 g 以上 120 g 未満, 80 g 未満

<sup>w</sup> 平均値±標準誤差(n=3)

<sup>v</sup> 剪葉(A)は剪葉の効果, 剪根(B)は剪根の効果, A×B は剪葉と剪根の間における交互作用を示す(2 元配置分散分析)

<sup>u</sup> 調査日ごとに\*\*は 1%, \*は 5%水準で有意差あり, ns は有意差なし, -は統計処理なし

## 第2節 セルトレー育苗による夏どり栽培における花芽分化特性の解明

### 緒言

本研究のセルトレー育苗による7月どり栽培では、育苗中の花芽分化および定植後の抽苔を回避できたことも重要な成立要因である。ネギは緑植物低温感応型の作物であり、一定の大きさに達した株が基本的に3~15°Cの低温に遭遇することで花芽分化し(Yamasakiら, 2000a), その後、抽苔する(斎藤, 1983)。セルトレー育苗による7月どり栽培は、冬期を挟んだ育苗であり、さらに、定植期の4月中旬の平均気温は6.2°C(秋田県大正寺, アメダスデータ)とまだ低いことから、育苗から定植後にかけて低温に感応し、花芽分化する危険が伴うが、本栽培の場合、どの程度の大きさのネギが低温に感応して花芽分化する可能性があるか不明である。一方、植物体が低温感応の途中において高温に遭遇すると、低温感応の作用が打ち消される脱春化が起こる(斎藤, 1983)ことは、小麦(Chujo, 1966), ニンジン(森脇ら, 1975), ダイコン(施山・高井, 1982)で認められている。この脱春化現象はネギでも認められ(安藤ら, 2002; 桑鶴・鮫島, 2004; 白岩ら, 2007b; 田畑・相星, 1993; 田畑ら, 1992; Yamasakiら, 2000a; 吉原, 2004), ネギの場合の脱春化限界温度は、品種により異なるが、晩抽性品種の‘長悦’の場合13.5~20°Cである(Yamasakiら, 2000a)。セルトレー育苗による7月どり栽培は、昼間にある程度の日射量があれば、無加温ビニルハウスでの育苗および定植後のトンネルの開閉の有無によって温度を上げることが可能であり、育苗および定植後に脱春化できる高温にネギを遭遇させ、花芽分化を抑制できる可能性がある。

そこで、本研究では、セルトレー育苗による7月どり栽培において、育苗時のビニルハウスおよび定植後のトンネルの開閉の有無が花芽分化に及ぼす影響を検討し、花芽分化を引き起こす低温感応の生育状態とその花芽分化特性を検討した。

## 材料および方法

### 1. 育苗時と定植後の温度条件が抽苔と収量に及ぼす影響（試験1）

本研究は秋田県農業試験場で実施した。供試圃場は、前年に緑肥（ソルガム）を栽培し、土壌タイプは表層多腐植質多湿黒ボク土である。供試品種は‘夏扇パワー’とした。128穴セルトレーに園芸用育苗培土（ $N : P_2O_5 : K_2O = 600 : 7,000 : 150 \text{ mg} \cdot L^{-1}$ ）を充填し、2012年10月5日に1穴当たり2粒播種した。出芽揃い期までは、無加温ビニルハウス内の気温が $25^\circ\text{C}$ 以上の時に換気を行い、その後はハウス内の気温が $15^\circ\text{C}$ 以上の時に換気を行った。無加温ビニルハウスの開閉は、ハウス中央部の高さ150 cmに温度センサー（Aceサーモ、（株）誠和、以下、使用する温度センサーは同一機種）を設置した自動換気システム（くるファミ Ace II、（株）誠和、以下、使用する自動換気システムは同一機種）で行った。1穴当たりの苗立ち本数は、出芽後に間引いて1本とした。2013年2月20日から育苗時の変温管理を開始した。処理期間は前期を2月20日～3月11日、中期を3月11日～4月1日、後期を4月1日～4月18日とした。無加温ビニルハウスの温度管理は、換気の開始温度を $27.5^\circ\text{C}$ とする高温区、側面を開放する低温区とした。これらの処理期間と温度管理を組み合わせ、それぞれ育苗処理番号1～6とした。追肥は2月14日、3月7日、3月25日および4月9日に、液肥（ $N : P_2O_5 : K_2O = 10 : 4 : 8$ ）を50倍に希釈し、1セルトレー（30 cm×60 cm）当たりに500 mLを上から施用した。4月18日に、畝間を100 cmとして植え溝を成型し、移植機を用いてセル成型苗の植え付け間隔を5 cmで定植した。4月19日～5月27日まで、植え溝に長さ210 cmのトンネル支柱を幅80 cm、高さ80 cmで設置し、0.03 mm厚の農ポリ（北越化成（株）、以下、使用する0.03 mm厚の農ポリは同一商品）を被覆した高温区と無被覆の低温区を設けた（第2-2-1図）。農ポリ区は晴天時の温度が高くなりすぎるため、5月15日から晴天時のときは、トンネル被覆の裾を30 cm程度上げて換気した。基肥には化成肥料で $N : P_2O_5 : K_2O = 1.4 : 1.9 : 1.4 \text{ kg} \cdot a^{-1}$ を、追肥には $N : P_2O_5 : K_2O = 1.5 : 0.4 : 1.5 \text{ kg} \cdot a^{-1}$ を施用した。各処理区の面積を $5 \text{ m}^2$ とし、低温区は2反復、高温区は1反復で実施した。

育苗中は、育苗時の前期処理開始時の2月20日、中期処理開始時の3月11日、後期処理開始時の4月1日、後期処理終了時の4月16日に、各処理区とも3つの苗箱から、1箱当たり10個体ずつ採取して出葉数と葉鞘径を調査し、その後、葉鞘を剥離し、実体顕微鏡を用いて花芽分化の有無と、最新の分化葉位を調査した。また、4月16日は定植期の生育として、地上部重と草丈を合わせて調査した。育苗中の無加温ビニルハウス内の気温は、ハウス中央部の地上150 cmの位置を、地温はハウス中央部のセルトレーの上面から地下2 cmの位置をデータロガーを用いて計測した。定植後は、6月4日～7月16日まで1週間ごとに、各処理区50個体について抽苔の有無を調査した。定植後の生育は5月20日、6月18日および7月19日に各処理区10個体について、出葉数、地上部重、葉鞘径および草丈を調査した。収穫期の7月19日は、その後、葉数を2.5～3.5枚、茎盤からの長さを60 cmに調製して、調製後の地上部重を測定し、収量と規格別比率を算出した。定植後の気温は、定植時に成型した植え溝底から地上50 cmの位置を、地温は植え溝底から

地下 5 cm の位置をデータロガーを用いて計測した。

## 2. 育苗時と定植後の温度管理が抽苔と収穫時期に及ぼす影響（試験 2）

本研究は秋田県農業試験場で実施した。供試圃場は、前年に緑肥（ソルガム）を栽培し、土壌タイプは表層多腐植質多湿黒ボク土である。供試品種は‘夏扇パワー’とした。試験 1 と同様に、128 穴セルトレーに園芸用育苗培土を充填し、2013 年 10 月 8 日に 1 穴当たり 2 粒播種した。その後、2014 年 2 月 20 日までは、試験 1 と同様な温度管理で育苗した。1 穴当たりの苗立ち本数は、出芽後に間引いて 1 本とした。処理期間は前期を 2 月 20 日～3 月 11 日、中期を 3 月 11 日～4 月 1 日、後期を 4 月 1 日～4 月 15 日とした。無加温ビニルハウスの温度管理は、換気の開始温度を 27.5℃とする高温区、側面を開放する低温区とした。試験 1 の結果から花芽分化に影響すると考えられる低温遭遇の期間は、中期と後期であると考えられたので、前期は高温区のみ温度管理とした。中期と後期は低温区と高温区を組み合わせ、それぞれ育苗処理番号 1～4 とした。無加温ビニルハウスの開閉は、試験 1 と同様に自動換気システムで行った。追肥は 2 月 21 日、3 月 13 日、4 月 3 日および 4 月 11 日に、液肥を 50 倍に希釈し、試験 1 と同様に施用した。4 月 15 日に畝間を 100 cm として植え溝を成型し、移植機を用いてセル成型苗の植え付け間隔を 5 cm で定植した。4 月 16 日～5 月 21 日まで、植え溝に長さ 210 cm のトンネル支柱を幅 80 cm、高さ 80 cm で設置し、0.03 mm 厚の農ポリを被覆した高温区と無被覆の低温区を設けた。農ポリ区は晴天時の温度が高くなりすぎるため、5 月 15 日から晴天時のときは、トンネル被覆の裾を 30 cm 程度上げて換気した。基肥には化成肥料で  $N : P_2O_5 : K_2O = 1.4 : 1.9 : 1.4 \text{ kg} \cdot \text{a}^{-1}$  を、追肥には  $N : P_2O_5 : K_2O = 1.5 : 0.4 : 1.5 \text{ kg} \cdot \text{a}^{-1}$  を施用した。各処理区の面積を 5 m<sup>2</sup> とし、3 反復で実施した。試験 1 の結果から、高温区では収穫期を前進化できる可能性が高いことから、収穫期を 7 月上旬に設定し、出荷基準を満たすために行う最終の土寄せを 6 月 25 日に行った。低温区最終の土寄せは 7 月 2 日に行った。

育苗中は、前期処理開始時の 2 月 20 日、中期処理開始時の 3 月 11 日、後期処理開始時の 4 月 1 日、後期処理終了時の 4 月 16 日に、各処理区とも 3 つの苗箱から、1 箱当たり 10 個体ずつ採取して出葉数と葉鞘径を調査し、その後、試験 1 と同様に花芽分化の有無と、最新の分化葉位を調査した。また、4 月 16 日は定植期の生育として地上部重と草丈を合わせて調査した。育苗中のビニルハウス内の気温とセルトレーの培地内の温度は試験 1 と同様に計測した。定植後は、5 月 20 日～6 月 24 日まで 1 週間ごとに、各処理区 50 個体について抽苔の有無を調査した。定植後の生育は 5 月 19 日、6 月 18 日、7 月 8 日および 7 月 15 日に各処理区 10 個体について、出葉数、地上部重、葉鞘径および草丈を調査した。収穫期の 7 月 8 日と 7 月 15 日は、その後、試験 1 と同様に調製し、調製後の地上部重を測定し、収量と規格別比率を算出した。定植後の気温と地温は試験 1 と同様に計測した。

## 3. ネギの大きさが花芽分化に及ぼす影響（試験 3）

本研究では、セルトレー育苗による大苗での 7 月どり栽培における花芽分化特性を検討

するため、花芽分化が可能な最小の大きさを明らかにすることを目的として、人工気象室の花芽分化しやすい環境下において、生育と花芽分化の関係を調査した。本研究は秋田県農業試験場で実施した。人工気象室（コイトロン KG-特型，（株）小糸製作所）の設定は、昼間を8時間（午前8時～午後4時）、夜間を16時間（午後4時～午前8時）とした。人工気象室内の光強度はセルトレー上面において  $270 \mu \text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、照度は14.2 kLuxであった。昼温は13°C、夜温は7°Cとした。試験2と同様に育苗した苗を2014年2月20日、3月11日、4月1日（低温区と高温区の2種類）に人工気象室へ搬入し、それぞれ140日間処理した。追肥は、それぞれの処理開始日から45日目、90日目を目途に、液肥（N : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : K<sub>2</sub>O = 10 : 4 : 8）を50倍に希釈し、1セルトレー（30 cm × 60 cm）当たり500 mLを上面から施用した。かん水は1日に1回、培土の水分量に応じて上面から行った。

人工気象室に搬入後は、出葉数がわかるように、各処理区の苗の新たに展開した葉身に、出葉数を定期的に記入した。調査は処理開始日から20、40、60、80、100、120および140日目に行った。各処理区の10個体について出葉数と葉鞘径を調査し、その後、葉鞘を剥離し、実体顕微鏡を用いて花芽分化の有無と、最新の分化葉位を調査した。



## 結 果

### 1. 育苗時と定植後の温度条件が抽苔と収量に及ぼす影響（試験 1）

#### 1) 定植期の生育と花芽分化

育苗時の日平均地温は日平均気温より 0.3~2.4℃高かった（第 2-2-1 表）。日平均気温は、前期で 2.2℃、中期で 4.9℃、後期で 4.8℃、高温区が低温区より高く、高温区と低温区の差は中期と後期で大きかった。また、中期の高温区の気温は 9.0℃と後期の低温区の 7.9℃よりも高かった。

花芽分化の大きさの指標として考えられる出葉数、分化葉位および葉鞘径と花芽分化率の推移を第 2-2-2 表に示した。中期終了時の 4 月 1 日までは、いずれの処理区でも花芽分化は認められなかった。後期終了時の 4 月 16 日では育苗処理 6 区で 3%の割合で花芽分化がみられ、その時の出葉数は 4.2 枚、分化葉位は 8~10 枚、葉鞘径は 7.1 mm であった。それ以外の処理区では花芽分化が認められなかった。一方、育苗処理 3, 4 および 5 区は育苗処理 6 区より出葉数で 0.4~0.6 枚、最小の分化葉位で 1~2 枚および葉鞘径で 0.2~0.5 mm 大きい傾向であったが、花芽分化は認められなかった。

定植期の生育は、中期が高温区の育苗処理 3, 4 および 5 区の出葉数、地上部重および草丈が大きく、中期が低温区の育苗処理 1, 2 および 6 区のそれらの生育は小さくなる傾向が認められた（第 2-2-3 表、第 2-2-2 図）。

#### 2) 定植後の抽苔の発生

定植後の温度処理期間の日平均地温は、日平均気温より 0.2~0.7℃高かった（第 2-2-4 表）。高温区の日平均気温は 14.6℃と低温区の 11.7℃より 2.9℃高く、高温区の日平均地温は 14.8℃と低温区の 12.4℃より 2.4℃高かった。

定植後の低温区の抽苔は 6 月 13 日に育苗処理 1 区、6 月 20 日に育苗処理 6 区で認められた（第 2-2-3 図）。その後、6 月 25 日に育苗処理 2 区、7 月 2 日に育苗処理 3 と 4 区、7 月 9 日に育苗処理 5 区で抽苔が認められた。一方、高温区の抽苔は 6 月 13 日に育苗処理 1 と 6 区で認められたが、6 月 25 日以降に新たな抽苔は認められず、低温区と比較して抽苔率が低かった。高温区の育苗処理 2, 3, 4 および 5 区では抽苔が認められなかった。

#### 3) 定植後の生育と収量

トンネル被覆した高温区で生育が旺盛となり、トンネル被覆の除去 7 日前の 5 月 20 日では、出葉数、地上部重、葉鞘径および草丈は、いずれも高温区の方が低温区より大きかった（第 2-2-4 図、第 2-2-5 図）。その後、高温区の出葉数、地上部重および葉鞘径は、収穫期の 7 月 19 日まで低温区より大きく推移した。しかし、草丈は 6 月 18 日までは高温

区が低温区より高かったが、収穫期の7月19日には高温区と低温区の草丈は同等となった。

抽苔率は低温区が高温区より高かった(第2-2-5表)。低温区の育苗処理1と6区は7~12%と高かったが、育苗処理2, 3, 4および5区の抽苔率は1~5%であった。また、高温区の育苗処理1と6区の抽苔率は4%であったが、育苗処理2, 3, 4および5区では抽苔が認められなかった。調製後の葉鞘長は、高温区が34 cmと低温区の31 cmより長かった。調製後の地上部重は、高温区が177 gと低温区の153 gより重かった。また、育苗処理2, 3, 4および5区の地上部重は163~171 gと最も重く、次いで育苗処理6区が155 gと続き、育苗処理1区が143 gと最も軽かった。収量は高温区が低温区より高かった。低温区では、抽苔率が高く、調製後の地上部重が軽い育苗処理1と6区が251~265 kg・a<sup>-1</sup>と目標の300 kg・a<sup>-1</sup>に達しなかった。高温区も同様に育苗処理1と6区の収量が309~313 kg・a<sup>-1</sup>と小さかった。しかし、高温区の育苗処理2, 3, 4および5区では、抽苔の発生がなく、調製後の地上部重が重く、収量も354~388 kg・a<sup>-1</sup>と高かった。

#### 4) 育苗時と定植後の高温区と低温区の地温の推移

低温区の地温は高温区と比較して、育苗時、定植後とも花芽分化に有効とされる低温域である3~15℃の遭遇時間が長く、晩抽性品種‘長悦’の脱春化限界温度とされる13.5~20℃以上の遭遇時間が短かった(第2-2-6図, 第2-2-7図)。

## 2. 育苗時と定植後の温度管理が抽苔と収穫時期に及ぼす影響(試験2)

### 1) 定植期の生育と花芽分化

育苗時の日平均地温は日平均気温より0.1~2.6℃高かった(第2-2-6表)。日平均気温で高温区と低温区の差を比較すると、高温区が中期で4.5℃, 後期で5.4℃高かった。また、中期の高温区の気温は10.1℃と後期の低温区の8.0℃より高かった。

花芽分化の大きさの指標として考えられる出葉数, 分化葉位および葉鞘径と花芽分化率の推移を第2-2-7表に示した。後期終了時の4月16日ではいずれの処理でも花芽分化がみられなかった。出葉数は育苗処理4区が4.8枚と最も多く、次いで育苗処理2区が4.5枚, 育苗処理3区が4.3枚と続き、育苗処理1区が4.1枚と最も少なかった。分化葉位は育苗処理4区が9~11枚と最も多く、育苗処理1区が8~10枚と最も少なかった。葉鞘径は育苗処理2と4区が7.0 mmと育苗処理1と3区の6.7 mmよりやや太い傾向であった。

定植期の生育は、育苗処理4区の地上部重と草丈が最も大きく、育苗処理1区の地上部重と草丈が最も小さくなる傾向が認められた(第2-2-8表, 第2-2-8図)。

### 2) 定植後の抽苔の発生

定植後の温度処理期間の高温区の日平均気温は 17.5℃と低温区の 12.2℃より 5.3℃高く、高温区の日平均地温は 16.6℃と低温区の 13.2℃より 3.4℃高かった（第 2-2-9 表）。

定植後の低温区の抽苔は 5 月 27 日に育苗処理 2 区、6 月 3 日に育苗処理 1 区で認められた（第 2-2-9 図）。その後、6 月 17 日に育苗処理 3 区、6 月 24 日に育苗処理 4 区で抽苔が認められた。一方、高温区の抽苔は 5 月 20 日に育苗処理 2 区、5 月 27 日に育苗処理 1 区で認められたが、育苗処理 3 と 4 区では抽苔が認められなかった。

### 3) 定植後の生育と収量

トンネル被覆した高温区は生育が旺盛となり、トンネル被覆の除去 3 日前の 5 月 19 日では、高温区の出葉数、地上部重、葉鞘径および草丈は、低温区より大きかった（第 2-2-10 図）。その後、高温区の出葉数、地上部重および葉鞘径は、収穫期の 7 月 15 日まで低温区より大きく推移した。しかし、草丈は 6 月 18 日までは高温区が低温区より高かったが、7 月 8 日には高温区と低温区の草丈は同等となった。

低温区の育苗処理 1 と 2 区の抽苔率は 2.7%、育苗処理 3 区は 2.0%、育苗処理 4 区は 0.7%であった（第 2-2-10 表）。高温区の育苗処理 1 と 2 区の抽苔率は 2.0%であったが、育苗処理 3 と 4 区では抽苔が認められなかった。7 月 8 日の調製後の軟白長は、高温区が 26 cm と出荷基準を満たしたことから、7 月上旬からの収穫が可能であり、収量は目標の 300 kg・a<sup>-1</sup>を超えた。7 月 15 日には、低温区でも調製後の軟白長が 27 cm と出荷基準を満たしたことから、収穫が可能であった。7 月 15 日の調製重は高温区が 220 g と低温区の 201 g より重かった。収量は低温区でも 393 kg・a<sup>-1</sup>と目標の 300 kg・a<sup>-1</sup>に達したが、高温区の収量は 436 kg・a<sup>-1</sup>と低温区より高かった。

### 3. 育苗時と定植後の温度条件（試験 1, 2）

2013 年と 2014 年の育苗時の低温区と高温区における、花芽分化に有効とされる低温域（3~15℃）の 1 日当たりの遭遇時間を比較すると、中期では低温区が 19.0~21.8 時間と高温区の 18.4~18.5 時間より長く、後期では低温区が 18.9~20.7 時間と高温区の 15.3~16.3 時間より長かった（第 2-2-11 表）。また、育苗時の低温区と高温区の脱春化限界温度（13.5℃）以上の温度の 1 日当たりの遭遇時間を比較すると、中期では低温区が 1.9~2.1 時間と高温区の 5.6~6.5 時間より短く、後期では低温区が 3.4~6.2 時間と高温区の 9.0~10.1 時間より短かった。

定植後も低温区が高温区と比較して低温域の 1 日当たりの遭遇時間が長く、脱春化限界温度以上の 1 日当たりの遭遇時間が短かった（第 2-2-12 表）。

### 4. ネギの大きさが花芽分化に及ぼす影響（試験 3）

#### 1) 人工気象室での生育と花芽分化率の推移

人工気象室での処理開始時の生育は、4月1日区の出葉数、分化葉位および葉鞘径が最も大きく、次いで3月11日区が大きく、2月20日区で最も小さかった（第2-2-13表、第2-2-11図）。4月1日区では、高温区が低温区より出葉数と分化葉位が多かった。4月1日区の低温区と高温区では、処理40日目に10%の割合で花芽分化が認められ、その後は高温区で花芽分化の割合が高まるのが早かった（第2-2-14表、第2-2-12図）。2月20日区は処理60日目に10%の割合で花芽分化が認められ、処理140日目には80%が花芽分化した。3月11日区は処理60日目に40%の割合で花芽分化が認められたが、その後、花芽分化の割合は増加しなかった。

## 2) 花芽分化株の最小の生育量

花芽分化した株の中で最も小さかったのは、2月20日区の処理60日目の株で、出葉数が4.5枚、花芽分化葉位が9枚および葉鞘径が6.2 mmであった（第2-2-15表）。

## 考 察

### 1. セルトレー育苗による7月どり栽培における抽苔の発生からみる花芽分化の時期

試験1において、定植後の低温区では、いずれの育苗処理区でも抽苔の発生が認められたが、高温区では育苗処理2, 3, 4および5区で抽苔の発生が認められず、育苗処理1と6区でのみ抽苔の発生が認められた。これは、育苗処理2, 3, 4および5区は、育苗時には花芽分化しておらず、定植後も、高温区では、花芽分化に必要な低温量が充足されないことから花芽分化が回避されたと考えられた。また、定植後の低温区の育苗処理2, 3, 4および5区の抽苔が、育苗処理1と6区より遅れて発生したが、これは、育苗処理2, 3, 4および5区では、育苗処理1と6区より遅れて、定植後に花芽分化したためと考えられた。一方、育苗処理1と6区は、定植後の高温区でも抽苔の発生が認められ、低温区は高温区より抽苔の発生率が高いこと、また、育苗処理6区では定植時に花芽分化株が確認されたことから、育苗時と定植後、または定植後に花芽分化したと考えられた。

試験2でも、抽苔の発生は、試験1と同様な傾向となり、定植後の低温区において、いずれの育苗処理区でも抽苔の発生が認められたが、定植後の高温区では育苗処理3と4区では抽苔の発生が認められず、育苗処理1と2区でのみ抽苔の発生が認められた。これは、育苗処理3と4区は、育苗時には花芽分化しておらず、定植後も、高温区では花芽分化が回避されたと考えられた。定植後の低温区の育苗処理3と4区の抽苔が、育苗処理1と2区より遅れて発生したのは、育苗処理3と4区では、育苗処理1と2区より遅れて、定植後に花芽分化したためと考えられた。一方、育苗処理1と2区は、定植後の高温区と低温区でも抽苔の発生が認められたことから、育苗時と定植後、または定植後に花芽分化したと考えられた。

試験1で育苗中に花芽分化したと考えられる育苗処理1と6区は、育苗時の中期と後期が低温区で共通していた。また、試験2で育苗中に花芽分化したと考えられる育苗処理1と2区は、育苗時の中期が低温区で共通していた。加えて、定植後の低温区では、試験1と2のいずれの処理区とも花芽分化したと考えられた。以上のことから、セルトレー育苗による7月どり栽培において、花芽分化を引き起こす低温感応の可能性のある時期、すなわち、低温感応に注意が必要な時期は、育苗時では中期(3月11日～4月1日)と後期(4月1日～定植期)の3月中旬～4月中旬、並びに定植後は4月中旬～5月中旬であると考えられた。

ネギの感応部位は、茎頂近傍もしくは根(山崎・田中, 2002)であることから、地温が花芽分化に影響を及ぼし(白岩ら, 2007b; 山崎・田中, 2002)、その花芽分化に有効な低温域は3～15℃とされる(Yamasakiら, 2000a)。また、ネギの場合の脱春化限界温度は、晩抽性の‘長悦’の場合13.5～20℃とされる(Yamasakiら, 2000a)。試験1と2の育苗時の低温区と高温区における、花芽分化に有効とされる低温域の1日当たりの遭遇時間を比較すると、中期では低温区が高温区より0.5～3.4時間長く、後期では低温区が高温区より3.6～4.4時間長い。また、育苗時の低温区と高温区の脱春化限界以上の温度の1日当たりの遭遇時間を比較すると、中期では低温区が高温区より3.7～4.4時間短く、後期

では低温区が高温区より 3.9~5.6 時間短い。従って、育苗時の中期と後期の低温区では、花芽分化が誘導される条件として、同時期の高温区よりも好適であったと考えられた。定植後についても同様に、低温区の低温域の 1 日当たりの遭遇時間は高温区より長く、低温区の脱春化限界以上の温度の 1 日当たりの遭遇時間は高温区より短いことから、低温区が高温区より花芽分化しやすい条件であったと考えられた。

## 2. セルトレー育苗による 7 月どり栽培における花芽分化が可能な大きさと花芽分化特性

ネギは一定の大きさに達した株が基本的に低温に遭遇することで花芽分化し、その後、抽苔する(斎藤, 1983)。また、これらの成長過程は、いかなる条件にも反応しない生育ステージである幼若栄養成長相を経て、低温感応性を獲得する生育ステージである成熟栄養成長相となり、その後、花成を誘導する条件である低温量が充足されると、花芽分化し生殖成長相に至ると考えられている(藤重, 1993; テイツ・ザイガー, 2004, 第 2-2-13 図)。従って、成熟栄養成長相の始期が明らかになれば、花芽分化に必要な低温量などの条件を知る手がかりになると考えられる。しかし、成熟栄養成長相の始期は、観察によって確認できないことから、その苗の大きさは必ずしも明確ではない(斎藤, 1983)。そこで、試験 3 では、成熟栄養成長相の始期を知るための第一歩として、花芽分化しやすい条件に設定した人工気象室を用いて、花芽分化が可能な最小の大きさを調査した。花芽分化株と大きさに関するこれまでの試験では、品種の違いが大きいこと、大きさの指標として葉鞘径との関係が深く、その大きさは 5~7 mm であることが報告されている(渡辺, 1955)。また、山崎ら(2012)は、花芽分化が可能な最小の生育量の指標としては、葉鞘径より、むしろ出葉数あるいは分化葉位を用いるのが適切であると報告している。そこで、本研究では、先行研究にならひ、花芽分化と葉鞘径、出葉数および分化葉位との関係を調査した。

その結果、花芽分化した株で最も小さかったのは、2 月 20 日に処理を開始した 60 日目の苗で、出葉数が 4.5 枚、分化葉位が 9 枚および葉鞘径が 6.2 mm であった。従って、セルトレー育苗における、品種‘夏扇パワー’の成熟栄養成長相の始期は、この生育ステージより小さいことになる。この試験 3 の苗と試験 2 の定植時の苗との大きさを比較すると、試験 2 の育苗処理 2 区は出葉数が 4.5 枚、分化葉位 9~10 枚および葉鞘径が 7.0 mm、育苗処理 4 区は出葉数が 4.8 枚、分化葉位 9~11 枚および葉鞘径が 7.0 mm と、試験 3 の 2 月 20 日に処理を開始した 60 日目の苗よりも、大きいものの花芽分化は認められなかった。また、定植後の試験 2 の最終的な抽苔率は多くても 3%程度であり、人工気象室を用いた試験 3 の結果より大幅に少なかった。従って、セルトレー育苗による 7 月どり栽培においては、ほとんどの株が育苗の後半から定植後にかけて成熟栄養成長相に達するものの、花芽分化に必要な低温量を獲得するまでには至らずに、花芽分化が回避されると考えられた。また、ネギの成熟栄養成長相では、低温遭遇は花成の誘導を促進するが、脱春化現象(Yamasaki ら, 2000b)や低温遭遇量が十分でない場合の長日条件は、花成の誘導を抑制する(常磐・石井, 2002; 八鍬・興水, 1969; 山崎ら, 1995)。セルトレー育苗による 7 月どり栽培においては、育苗の後半には日照時間の増加に伴いビニルハウス内の温度が上昇することから、花芽分化を抑制する環境が出現し、定植後も日数が経過するにつれて温

度が高まり、長日条件も続くことから、花芽分化を抑制する環境が徐々に強まる。従って、本栽培では、成熟栄養成長相に達し、低温感応の可能性のある時期を経過するが、同時に、このような花芽分化への誘導を抑制する環境も存在することから、最終的に、ほとんどの株が花芽分化に必要な低温量を獲得するまでには至らずに、抽苔の発生が数パーセントと低率になると考えられた。しかし、本研究の結果だけでは、本栽培における花芽分化特性を十分に示すことができていないことから、さらに、成熟栄養成長相の始期の大きさを明らかにするとともに、脱春化現象や長日条件などの花芽分化を抑制する要因について検討する必要がある。

2月20日に処理を開始した苗は60日目に10%、3月11日に開始した苗は60日目に40%、4月1日に開始した苗は40日目に10%の割合で花芽分化が認められ、苗の大きいものほど処理日数が少なくても花芽分化が確認された。この結果は、タマネギ(Brewster, 1985; 宍戸・斎藤, 1976)や、ネギ(稲川ら, 1995; 渡辺, 1955; 山崎, 2002)で、生育が進んだ苗ほど少ない低温遭遇量で花芽分化するとの報告と一致した。このことは、2月20日に処理を開始した苗は、成熟栄養成長相に達してから低温感応して花芽分化を開始するまでの時間に加えて、成熟栄養成長相に達するまでの時間が必要であり、その分、処理日数を多く必要としたためと考えられた。

### 3. 抽苔を回避した7月上旬どり栽培の可能性

試験1では、10月2半旬に播種して、育苗時の3月中旬～4月中旬はビニルハウスの換気開始温度を高めて育苗し、定植後の4月中旬～5月中旬は農ポリでトンネル被覆して高温にすることで、抽苔が回避されるのに加え、肥大が促進され収量が向上した。特に、トンネル被覆期間中の高温区では、低温区より平均気温で2.9℃、平均地温で2.4℃高いことから、生育が旺盛となった。ネギの生育適温は品種群によって異なる(位田ら, 1985a, 1985b)が、生体重の増加は15～20℃が適温である(Brewster, 2008; 高樹, 1996; 山崎, 2002)のに対し、草丈の伸長は30℃でも促進される(位田ら, 1988; 前田ら, 1988)。従って、トンネル被覆期間中の高温区の気温は、晴天時には、一時的ではあるが30℃以上まで上昇し、低温区より16℃程度も高まった(データ省略)ことから、高温区の草丈は著しく伸長した。また、トンネル被覆を除去した後は、温度条件が等しくなったことから、高温区と低温区の草丈の差は小さくなり、収穫期にはいずれの処理区とも同等の草丈となったものの、地上部重は収穫期まで高温区の方が重かった。すなわち、トンネル被覆による肥大の促進効果は、収穫期まで認められた。ネギでは、出荷に必要な軟白長を確保するために土寄せ作業を行うが、ネギの肥大が優れる場合は、土寄せ作業の時期を早めることで収穫時期を前進化できる(武田, 2014)。そこで、試験2では、トンネル被覆することでネギの肥大が促進されたことから、土寄せ作業の時期を早めることが可能となり、7月8日に目標収量の300 kg・a<sup>-1</sup>を達成して収穫することができた。以上のことから、10月2半旬に播種し、花芽分化を引き起こす低温感応に注意が必要な時期である、育苗時の3月中旬～4月中旬と定植後の4月中旬～5月中旬を、育苗時はビニルハウスの換気開始温度を高めに設定し、定植後は農ポリでトンネル被覆して高温にすることで、生育が促進され

るとともに花芽分化が回避されることが明らかとなり，抽苔を抑制しつつ収穫期を7月上旬まで早めることが可能であることが示された.





第2-2-1 図 定植後の温度処理の状況  
左：低温区（無被覆）  
右：高温区（農ポリトンネル被覆）

第 2-2-1 表 育苗時の低温区と高温区の処理時期別の気温と地温 (2013 年)

試験区	日平均気温 <sup>z</sup>			日平均地温 <sup>z</sup>		
	前期 <sup>y</sup>	中期	後期	前期	中期	後期
	(°C)			(°C)		
低温	2.1±2.7 <sup>x</sup>	4.1±2.0	7.9±2.2	4.5±2.5	6.3±1.5	9.3±1.2
高温	4.3±3.2	9.0±3.0	12.7±2.1	6.5±2.5	10.0±2.1	13.0±1.3

<sup>z</sup>気温はハウス中央部の地上 150 cm の位置, 地温はセルトレーの上面から地下 2 cm の位置を測定

<sup>y</sup>前期は 2 月 20 日～3 月 11 日, 中期は 3 月 11 日～4 月 1 日, 後期は 4 月 1 日～4 月 18 日

<sup>x</sup>平均値±標準偏差

第2-2-2表 育苗時の温度管理と処理期間の組み合わせが育苗時の生育と花芽分化に及ぼす影響 (2013年)

育苗	処理時期 <sup>z</sup>			2/20(前期開始時)				3/11(前期終了・中期開始時)			
	前期	中期	後期	出葉数 (枚)	分化葉位 <sup>y</sup> (枚)	葉鞘径 (mm)	花芽分化率 (%)	出葉数 (枚)	分化葉位 (枚)	葉鞘径 (mm)	花芽分化率 (%)
1	低 <sup>x</sup>	低	低	2.7	6~8	4.6	0	2.9 b <sup>w</sup>	7~8	4.8 b	0
2	低	低	高								
3	低	高	高								
4	高	高	高					3.2 a	7~8	5.5 a	0
5	高	高	低								
6	高	低	低								

育苗	処理時期			4/1(中期終了・後期開始時)				4/16(後期終了時)			
	前期	中期	後期	出葉数 (枚)	分化葉位 (枚)	葉鞘径 (mm)	花芽分化率 (%)	出葉数 (枚)	分化葉位 (枚)	葉鞘径 (mm)	花芽分化率 (%)
1	低	低	低	3.4 d	7~8	5.9 a	0	4.2 b	8~9	7.3 ab	0
2	低	低	高					4.4 b	9~10	6.7 b	0
3	低	高	高	3.9 b	8~9	6.1 a	0	4.7 a	10~10	7.3 ab	0
4	高	高	高	4.1 a	9~10	6.2 a	0	4.8 a	10~11	7.5 a	0
5	高	高	低					4.6 a	9~10	7.6 a	0
6	高	低	低	3.7 c	8~9	6.0 a	0	4.2 b	8~10	7.1 ab	3

<sup>z</sup>前期は2月20日~3月11日, 中期は3月11日~4月1日, 後期は4月1日~4月18日

<sup>y</sup>葉鞘内を剥離し, 実体顕微鏡で観察できる花芽未分化株の最新の葉位

<sup>x</sup>低は側面開放した低温区, 高は換気開始温度を27.5°Cとした高温区

<sup>w</sup>異なる英文字間には5%水準で有意差あり(Tukey法, n=30)

第 2-2-3 表 育苗時の温度管理と処理期間が定植期の生育に及ぼす影響  
(2013 年 4 月 16 日)

育苗 処理	処理期間			出葉数 (枚)	地上部重 (g)	葉鞘径 (mm)	草丈 (cm)
	前期	中期	後期				
1	低	低	低	4.2 d <sup>z</sup>	9.4 b	7.3 ab	37 d
2	低	低	高	4.4 c	9.2 b	6.7 c	44 b
3	低	高	高	4.7 ab	12.3 a	7.3 ab	48 a
4	高	高	高	4.8 a	13.1 a	7.5 a	48 a
5	高	高	低	4.6 b	12.7 a	7.6 a	47 a
6	高	低	低	4.2 d	9.8 b	7.1 b	41 c

<sup>z</sup>異なる英文字間には 5%水準で有意差あり(Tukey 法, n=30)



育苗処理	1	2	3	4	5	6
前期	低温	低温	低温	高温	高温	高温
中期	低温	低温	高温	高温	高温	低温
後期	低温	高温	高温	高温	低温	低温

第 2-2-2 図 定植期の生育 (2013 年 4 月 16 日)

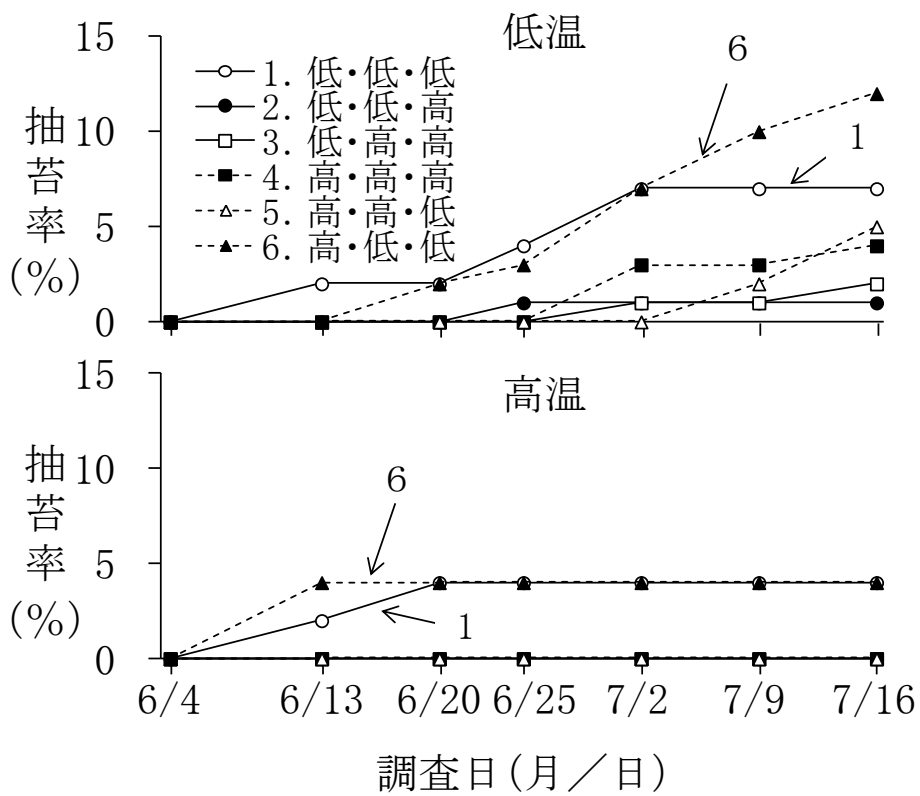
第2-2-4表 定植後の温度処理期間<sup>z</sup>の低温区  
と高温区の気温と地温 (2013年)

試験区	日平均気温 <sup>y</sup>	日平均地温 <sup>y</sup> (°C)
低温	11.7±3.9 <sup>x</sup>	12.4±3.2
高温	14.6±3.6	14.8±2.6

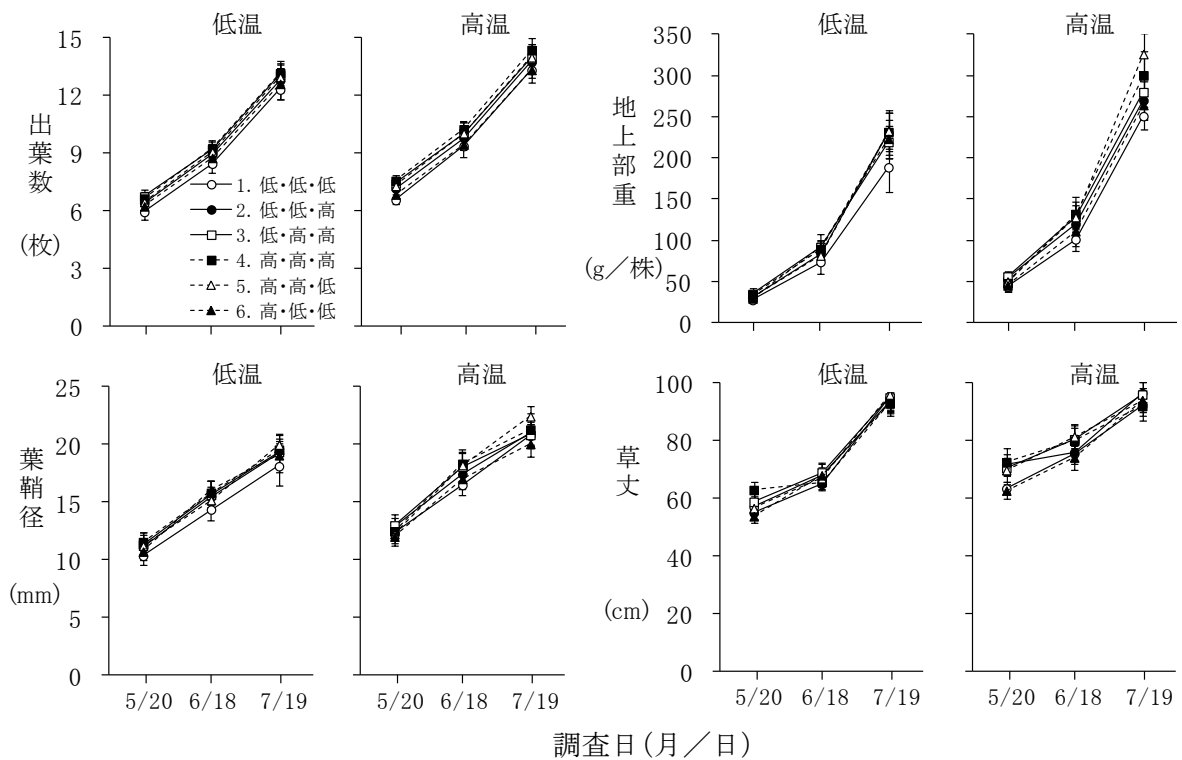
<sup>z</sup>期間は4月19日～5月27日

<sup>y</sup>気温は植え溝底から地上50 cm, 地温は溝底から地下5 cm  
の位置を測定

<sup>x</sup>平均値±標準偏差



第2-2-3 図 育苗時の温度管理と処理期間および定植後の温度管理の違いが抽苔の発生に及ぼす影響 (2013年)  
(低温 n=100, 高温 n=50)



第 2-2-4 図 育苗時の温度管理と処理期間および定植後の温度管理の違いが定植後の生育に及ぼす影響 (2013 年)

図中のエラーバーは標準偏差を示す (低温 n=20, 高温 n=10)





第2-2-5 図 定植後の温度管理が生育に及ぼす影響  
(2013年6月18日, 育苗処理1区)  
左: 低温区, 右: 高温区

第2-2-5表 育苗時の温度管理と処理期間および定植後の温度処理の違いが収量に及ぼす影響 (2013年7月19日)

定植後処理	試験区			抽苔率 <sup>z</sup> (%)	調製後 <sup>y</sup>		収量 <sup>x</sup> (kg/a)	規格別比率 <sup>w</sup> (%)			
	育苗処理	処理期間			葉鞘長 (cm)	地上部重 (g)		2L	L	M	
		前期	中期								後期
低温	1	低	低	低	7	31	135	251	0	85	15
	2	低	低	高	1	32	157	312	10	90	0
	3	低	高	高	2	31	154	301	10	90	0
	4	高	高	高	4	32	159	305	5	95	0
	5	高	高	低	5	31	160	304	20	80	0
	6	高	低	低	12	32	151	265	10	90	0
高温	1	低	低	低	4	32	161	309	0	100	0
	2	低	低	高	0	33	177	354	50	50	0
	3	低	高	高	0	35	182	364	60	40	0
	4	高	高	高	0	35	184	369	60	40	0
	5	高	高	低	0	35	194	388	80	20	0
	6	高	低	低	4	34	163	313	10	90	0
定植後処理	低温			-	31	b <sup>v</sup>	153	b	-	-	-
(A)	高温			-	34	a	177	a	-	-	-
育苗処理	1. 低・低・低			-	31	b	143	c	-	-	-
	(B) 2. 低・低・高			-	32	a	164	a	-	-	-
	3. 低・高・高			-	32	a	163	a	-	-	-
	4. 高・高・高			-	33	a	167	a	-	-	-
	5. 高・高・低			-	33	a	171	a	-	-	-
	6. 高・低・低			-	32	a	155	b	-	-	-
定植後処理(A) <sup>u</sup>				-	**	**	-	-	-	-	
育苗処理(B)				-	ns	**	-	-	-	-	
(A) × (B)				-	ns	ns	-	-	-	-	

<sup>z</sup>6月4日～7月16日調査(低温 n=100, 高温 n=50)

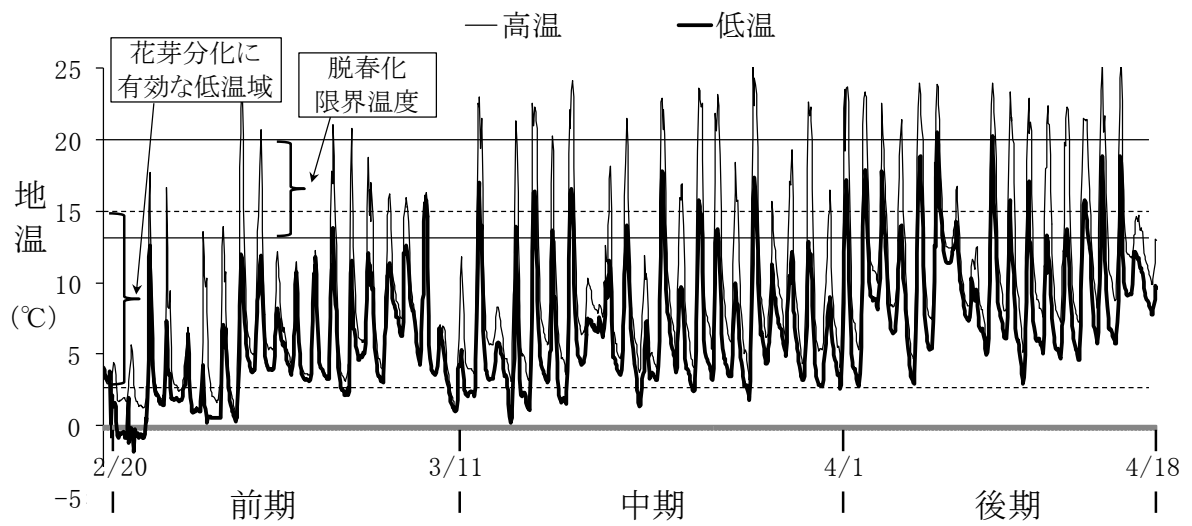
<sup>y</sup>葉数2.5～3.5枚, 長さ60cmに調製

<sup>x</sup>抽苔株を除いて推計

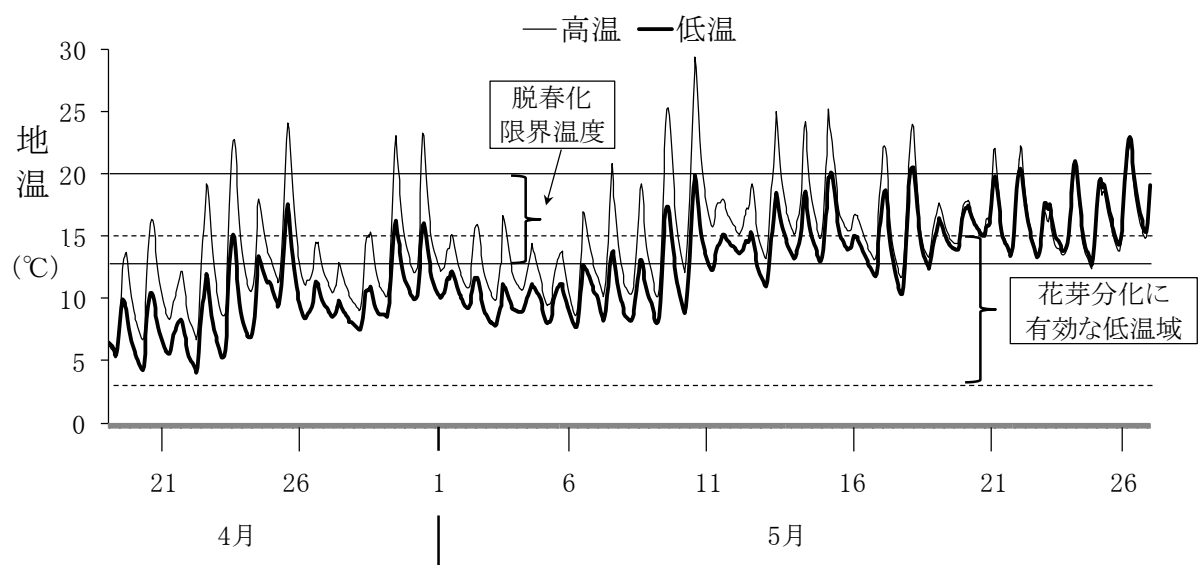
<sup>w</sup>2L, L, Mは, それぞれ調製後の地上部重180g以上, 120g以上180g未満, 80g以上120g未満

<sup>v</sup>異なる英文字間に5%水準で有意差あり(Tukey法)

<sup>u</sup>\*\*は1%水準で有意差あり, nsは有意差なし(2元配置分散分析), -は検定なし



第 2-2-6 図 育苗時の高温区と低温区の地温の推移  
 (2013 年 2 月 20 日～4 月 18 日)  
 地温はセルトレー内の上面から地下 2 cm の位置を測定



第 2-2-7 図 定植後の高温区と低温区の地温の推移  
 (2013 年 4 月 19 日～5 月 27 日)  
 地温は植え溝底から地下 5 cm の位置を測定

第 2-2-6 表 育苗時の低温区と高温区の処理時期別の気温と地温 (2014 年)

試験区	日平均気温 <sup>z</sup>			日平均地温 <sup>z</sup>		
	前期 <sup>y</sup>	中期	後期	前期	中期	後期
	(°C)			(°C)		
低温	— <sup>x</sup>	5.6±2.9 <sup>w</sup>	8.0±2.1	—	7.6±2.4	10.1±1.4
高温	5.5±2.8	10.1±3.6	13.4±1.9	8.1±1.8	10.9±2.9	13.5±1.3

<sup>z</sup>気温はハウス中央部の地上 150 cm の位置, 地温はセルトレーの上面から地下 2 cm の位置を測定

<sup>y</sup>前期は 2 月 20 日～3 月 11 日, 中期は 3 月 11 日～4 月 1 日, 後期は 4 月 1 日～4 月 15 日

<sup>x</sup>前期は高温(換気開始温度 27.5°C)で管理した

<sup>w</sup>平均値±標準偏差

第2-2-7表 育苗時の温度管理と処理期間の組み合わせが育苗時の生育と花芽分化に及ぼす影響 (2014年)

育苗	処理時期 <sup>z</sup>			2/20(前期開始時)				3/11(前期終了・中期開始時)			
	前期	中期	後期	出葉数 (枚)	分化 <sup>y</sup> 葉位 (枚)	葉鞘径 (mm)	花芽 分化率 (%)	出葉数 (枚)	分化 葉位 (枚)	葉鞘径 (mm)	花芽 分化率 (%)
1	高	低	低	2.4	6.5	4.2	0	2.9	6~8	4.7	0
2	高	低	高								
3	高	高	低								
4	高	高	高								

育苗	処理時期			4/1(中期終了・後期開始時)				4/16(後期終了時)						
	前期	中期	後期	出葉数 (枚)	分化 葉位 (枚)	葉鞘径 (mm)	花芽 分化率 (%)	出葉数 (枚)	分化 葉位 (枚)	葉鞘径 (mm)	花芽 分化率 (%)			
1	高	低	低	3.1	b <sup>x</sup> 7~9	5.5	a	0	4.1	c	8~10	6.7	a	0
2	高	低	高											
3	高	高	低											
4	高	高	高											

<sup>z</sup>前期は2月20日~3月11日, 中期は3月11日~4月1日, 後期は4月1日~4月15日

<sup>y</sup>葉鞘内を剥離し, 実体顕微鏡で観察できる花芽未分化株の最新の葉位

<sup>x</sup>調査日ごとの異なる英文字間には5%水準で有意差あり(Tukey法, n=3)

第 2-2-8 表 育苗時の温度管理と処理期間が定植期の生育に及ぼす影響 (2014 年 4 月 16 日)

育苗 処理	処理期間			出葉数 (枚)	地上部重 (g)	葉鞘径 (mm)	草丈 (cm)
	前期	中期	後期				
1	高	低	低	4.1 c <sup>z</sup>	9.5 b	6.7 a	43 a
2	高	低	高	4.5 b	10.9 ab	7.0 a	48 a
3	高	高	低	4.3 b	10.1 ab	6.7 a	45 a
4	高	高	高	4.8 a	12.4 a	7.0 a	49 a

<sup>z</sup>異なる英文字間には 5%水準で有意差あり(Tukey 法, n=3)



育苗処理	1	2	3	4
前期	高温	高温	高温	高温
中期	低温	低温	高温	高温
後期	低温	高温	低温	高温

第 2-2-8 図 定植期の生育 (2014 年 4 月 15 日)



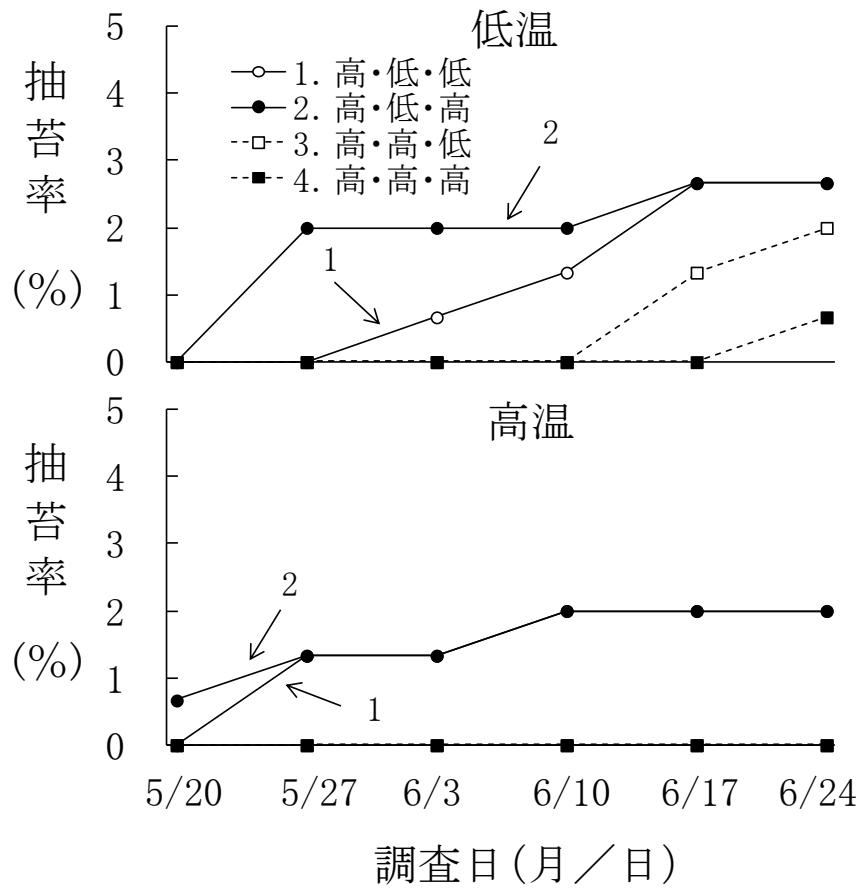
第 2-2-9 表 定植後の温度処理期間<sup>z</sup>の低温区  
と高温区の気温と地温 (2014 年)

試験区	日平均気温 <sup>y</sup>	日平均地温 <sup>y</sup> (°C)
低温	12.2 ± 2.9 <sup>x</sup>	13.2 ± 1.6
高温	17.5 ± 3.1	16.6 ± 1.8

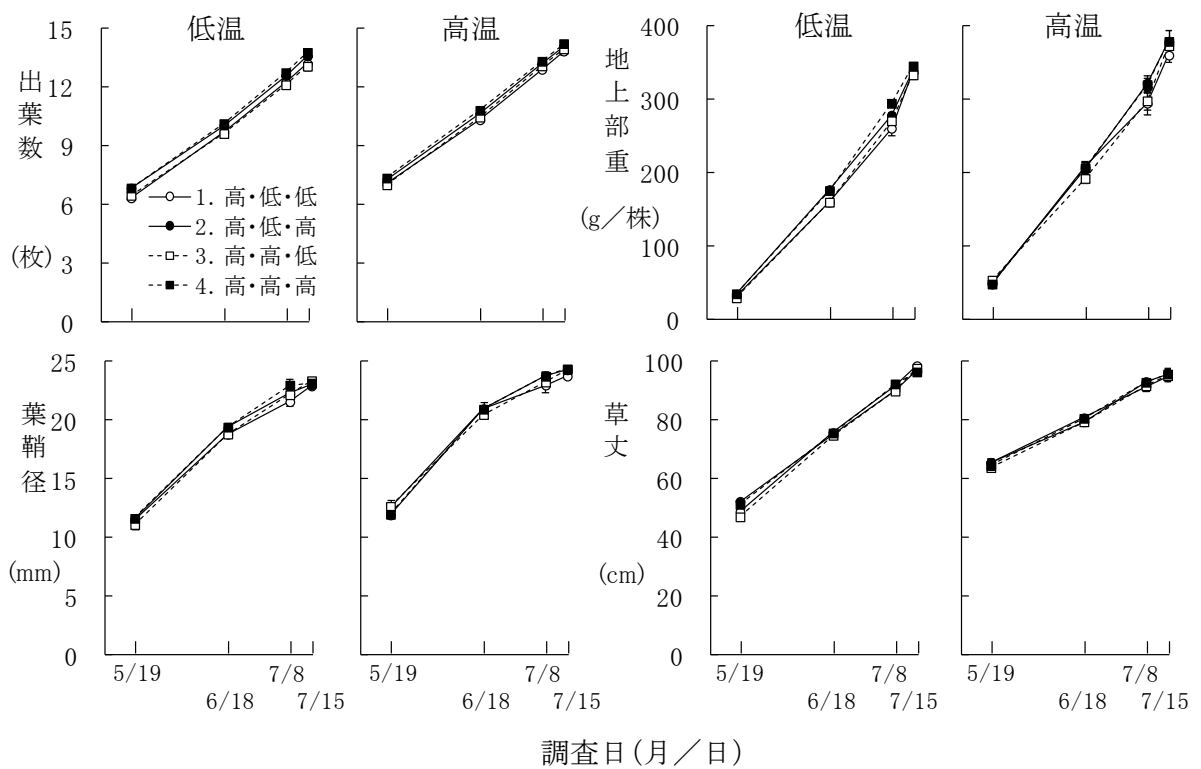
<sup>z</sup>期間は 4 月 17 日～5 月 21 日

<sup>y</sup>気温は植え溝底から地上 50 cm, 地温は植え溝底から地下 5cm  
の位置を測定

<sup>x</sup>平均値 ± 標準偏差



第2-2-9 図 育苗時の温度管理と処理期間および定植後の温度管理の違いが抽苔の発生に及ぼす影響 (2014年)  
(n=150)



第 2-2-10 図 育苗時の温度管理と処理期間および定植後の温度管理の違いが定植後の生育に及ぼす影響 (2014 年)  
 図中のエラーバーは標準誤差を示す (n=3)

第2-2-10表 育苗時の温度管理と処理期間および定植後の温度処理の違いが収量に及ぼす影響 (2014年)

調査日	試験区				抽苔率 <sup>z</sup> (%)	調製後 <sup>y</sup>		収量 <sup>w</sup> (kg/a)	規格別比率 <sup>v</sup> (%)			
	定植後処理(A)	育苗処理(B)	処理期間			軟白長 (cm)	地上部重 <sup>x</sup> (g)		2L	L	M	
			前期	中期								後期
7月8日	低温	1	高	低	低	2.7	20	-	-	-	-	-
		2	高	低	高	2.7	20	-	-	-	-	-
		3	高	高	低	2.0	21	-	-	-	-	-
		4	高	高	高	0.7	21	-	-	-	-	-
	高温	1	高	低	低	2.0	26	186	365	53	47	0
		2	高	低	高	2.0	27	197	387	90	10	0
		3	高	高	低	0.0	26	192	385	67	33	0
		4	高	高	高	0.0	27	197	395	80	20	0
定植後処理(A)	低温				-	21 b <sup>u</sup>	-	-	-	-	-	
	高温				-	26 a	-	-	-	-	-	
定植後処理(A) <sup>t</sup>					-	**	-	-	-	-	-	
育苗処理(B)					-	ns	-	-	-	-	-	
(A)×(B)					-	ns	-	-	-	-	-	
7月15日	低温	1	高	低	低	2.7	27	199	388	77	23	0
		2	高	低	高	2.7	27	199	387	83	17	0
		3	高	高	低	2.0	27	201	394	90	10	0
		4	高	高	高	0.7	26	204	404	87	13	0
	高温	1	高	低	低	2.0	27	214	420	97	3	0
		2	高	低	高	2.0	29	223	438	100	0	0
		3	高	高	低	0.0	28	221	441	100	0	0
		4	高	高	高	0.0	28	222	445	100	0	0
定植後処理(A)	低温				-	27 b	201 b	393 b	-	-	-	
	高温				-	28 a	220 a	436 a	-	-	-	
定植後処理(A)					-	**	**	**	-	-	-	
育苗処理(B)					-	ns	ns	ns	-	-	-	
(A)×(B)					-	ns	ns	ns	-	-	-	

<sup>z</sup> 5月20日～6月24日調査(n=150)

<sup>y</sup> 葉数2.5～3.5枚, 長さ60cmに調製

<sup>x</sup> 軟白長25cm以上を調査した

<sup>w</sup> 抽苔株を除いて推計

<sup>v</sup> 2L, L, Mは, それぞれ調製後の地上部重180g以上, 120g以上180g未満, 80g以上120g未満

<sup>u</sup> 異なる英文字間に5%水準で有意差あり(Tukey法, n=3)

<sup>t</sup> \*\*は1%水準で有意差あり, nsは有意差なし(2元配置分散分析, n=3), -は検定なし

第 2-2-11 表 育苗時の温度条件と花芽分化に有効とされる低温域ならびに脱春化温度の遭遇時間 (2013 年, 2014 年)

試験年	処理時期	温度管理	遭遇時間(地温 <sup>x</sup> )			
			低温域 <sup>w</sup> 脱春化 <sup>v</sup> (積算時間)		低温域 脱春化 (時間/日)	
2013 <sup>z</sup>	前期	低温	309	6	15.5	0.3
		高温	327	57	16.4	2.9
	中期	低温	419	41	19.0	1.9
		高温	408	124	18.5	5.6
	後期	低温	373	62	20.7	3.4
		高温	293	162	16.3	9.0
2014 <sup>y</sup>	前期	高温	424	59	21.2	3.0
	中期	低温	479	47	21.8	2.1
		高温	404	142	18.4	6.5
	後期	低温	283	93	18.9	6.2
		高温	229	151	15.3	10.1

<sup>z</sup>前期:2月20日～3月11日, 中期:3月11日～4月1日, 後期:4月1日～4月18日

<sup>y</sup>前期:2月20日～3月11日, 中期:3月11日～4月1日, 後期:4月1日～4月15日

<sup>x</sup>感応部位とされる茎頂が存在する, セルトレーの上面から地下2cmの位置を測定

<sup>w</sup>花芽分化に有効とされる低温域である3℃以上15℃未満

<sup>v</sup>晩抽性品種の脱春化限界温度とされる13.5℃以上

第 2-2-12 表 定植後の温度条件と花芽分化に有効とされる低温域なら  
びに脱春化温度の遭遇時間 (2013 年, 2014 年)

試験年	処理時期	温度管理	遭遇時間(地温 <sup>z</sup> )			
			低温域 <sup>y</sup> (積算時間)	脱春化 <sup>x</sup>	低温域	脱春化 (時間/日)
2013	4/19~4/30	低温	275	27	22.9	2.3
		高温	224	102	18.7	8.5
	5/1~5/10	低温	223	26	22.3	2.6
		高温	180	95	18.0	9.5
	5/11~5/27	低温	197	328	11.6	19.3
		高温	103	369	6.1	21.7
2014	4/17~4/30	低温	256	111	18.3	7.9
		高温	175	193	12.5	13.8
	5/1~5/10	低温	173	117	17.3	11.7
		高温	89	204	8.9	20.4
	5/11~5/21	低温	159	165	14.5	15.0
		高温	71	238	6.5	21.6

<sup>z</sup>感応部位とされる茎頂が存在する, セルトレーの上面から地下 2 cm の位置を測定

<sup>y</sup>花芽分化に有効とされる低温域である 3°C 以上 15°C 未満

<sup>x</sup>晩抽性品種の脱春化限界温度とされる 13.5°C 以上

第 2-2-13 表 人工気象室での処理開始時の生育量 (2014 年)

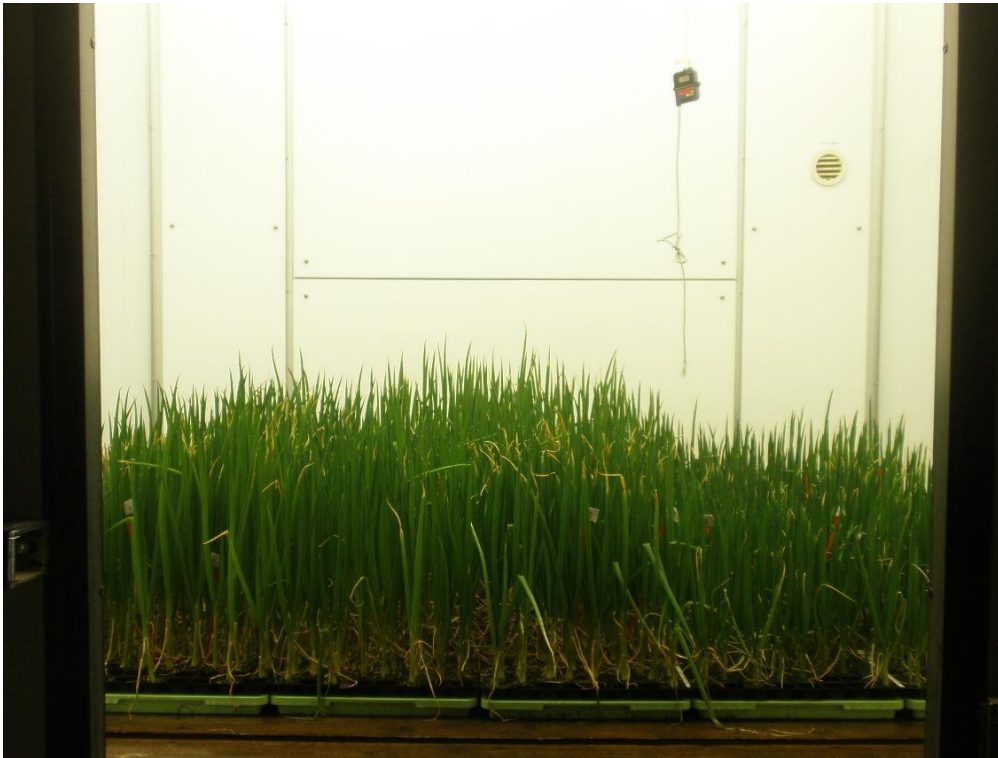
処理 開始日	温度 管理	出葉数 (枚)	分化葉位 <sup>z</sup> (枚)	葉鞘径 (mm)	花芽分化率 (%)
2月20日	—	2.6	7.0	4.4	0
3月11日	高 <sup>y</sup>	3.0	7.3	5.0	0
4月1日	低 <sup>x</sup>	3.4	8.0	6.0	0
	高 <sup>w</sup>	4.0	8.5	6.1	0

<sup>z</sup> 実体顕微鏡で観察できる花芽未分化株の最新の葉位

<sup>y</sup> 2月20日～3月11日までビニルハウスの換気開始温度を27.5℃とした

<sup>x</sup> 3月11日～4月1日までビニルハウスの側面を開放した

<sup>w</sup> 3月11日～4月1日までビニルハウスの換気開始温度を27.5℃とした



第 2-2-11 図 人工気象室での処理 (2014 年)



第2-2-14表 人工気象室での生育と花芽分化率の推移 (2014年)

処理 開始日	温度 管理	出葉数									分化葉位 <sup>y</sup>							
		0 <sup>z</sup>	20	40	60	80	100	120	140	0	20	40	60	80	100	120	140	
		(枚)									(枚)							
2月20日	—	2.6	3.2	4.1	4.6	5.3	6.3	7.3	8.0	7.0	7.8	9.0	10.0	10.9	12.0	12.8	13.5	
3月11日	高 <sup>x</sup>	3.0	3.5	4.5	5.1	6.3	6.9	7.4	8.6	7.3	8.7	9.8	10.7	12.0	12.4	13.0	14.3	
4月1日	低 <sup>w</sup>	3.4	4.4	5.4	6.2	7.0	7.8	8.4	9.4	8.0	9.5	10.6	11.7	11.8	13.0	14.3	15.3	
	高 <sup>v</sup>	4.0	4.8	5.2	6.2	6.9	7.4	8.9	9.7	8.5	10.1	10.7	11.9	12.5	13.2	15.0	16.5	

処理 開始日	温度 管理	葉鞘径									花芽分化率							
		0	20	40	60	80	100	120	140	0	20	40	60	80	100	120	140	
		(mm)									(%)							
2月20日	—	4.4	5.6	6.0	6.3	6.9	7.6	7.6	7.4	0	0	0	10	30	50	50	80	
3月11日	高	5.0	5.5	6.2	7.1	7.3	7.1	7.0	7.1	0	0	0	40	20	20	40	30	
4月1日	低	6.0	6.4	7.3	7.3	7.6	7.6	8.0	8.3	0	0	10	0	10	30	40	60	
	高	6.1	6.9	7.8	8.0	8.3	8.1	8.1	8.4	0	0	10	30	80	50	80	80	

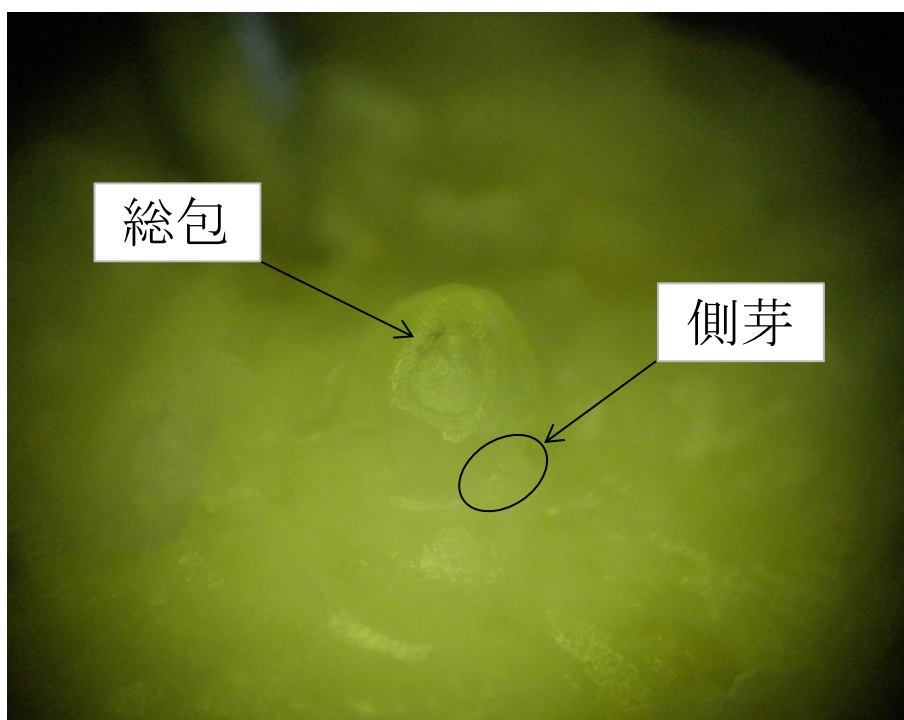
<sup>z</sup> 処理開始からの日数

<sup>y</sup> 実体顕微鏡で観察できる花芽未分化株の最新の葉位

<sup>x</sup> 2月20日～3月11日までビニルハウスの換気開始温度を27.5℃とした

<sup>w</sup> 3月11日～4月1日までビニルハウスの側面を開放した

<sup>v</sup> 3月11日～4月1日までビニルハウスの換気開始温度を27.5℃とした



第 2-2-12 図 花芽の分化 (総包形成期 : 2014 年)

第 2-2-15 表 花芽分化の確認日と花芽分化株の最小の生育量 (2014 年)

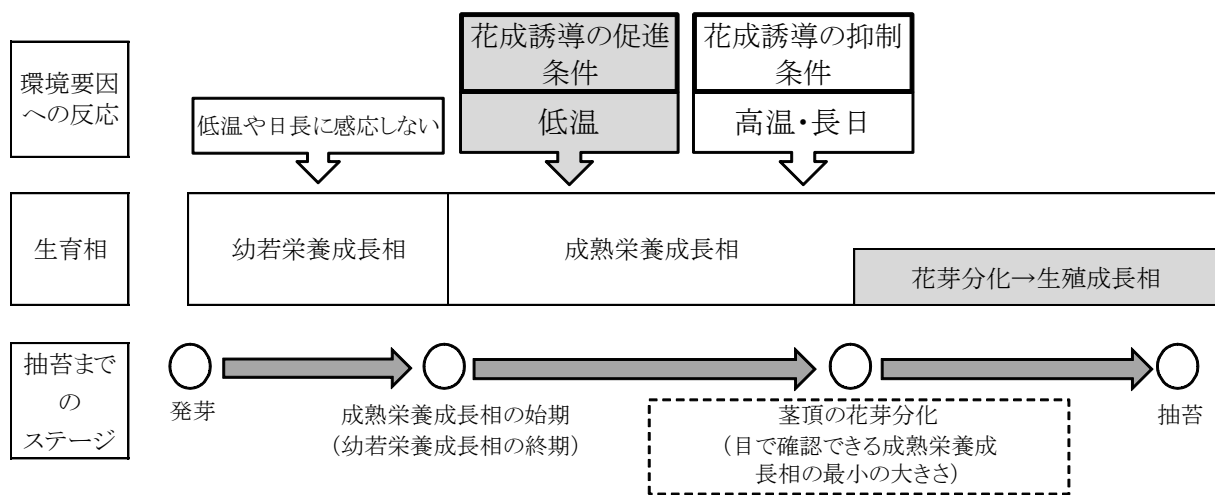
処理 開始日	温度 管理	花芽分化 の確認 処理日数 (日)	花芽分化 率 (%)	花芽分化株の最小の生育量		
				出葉数 (枚)	花芽分化 葉位 <sup>z</sup> (枚)	葉鞘径 (mm)
2月20日	—	60	10	4.5	9	6.2
3月11日	高 <sup>y</sup>	60	40	4.8	10	7.4
4月1日	低 <sup>x</sup>	40	10	5.1	11	7.4
	高 <sup>w</sup>	40	10	5.3	11	8.5

<sup>z</sup>花芽が分化した葉位

<sup>y</sup>2月20日～3月11日までビニルハウスの換気開始温度を27.5℃とした

<sup>x</sup>3月11日～4月1日までビニルハウスの側面を開放した

<sup>w</sup>3月11日～4月1日までビニルハウスの換気開始温度を27.5℃とした



第 2-2-13 図 無加温ビニルハウスでのセルトレー育苗による夏どり栽培において花芽分化と抽苔に至るイメージ

### 第3章 セルトレー育苗による夏どり栽培技術の開発

#### 第1節 セルトレー育苗時における追肥方法の検討

##### 緒言

第1章では、無加温ビニルハウスを活用して、10月上～中旬にセルトレーに播種し、越冬育苗した苗を翌年の4月中旬に定植することで、目標である  $300 \text{ kg} \cdot \text{a}^{-1}$  以上の収量を確保して、7月中旬から収穫できることが明らかとなった。しかし、セルトレー育苗による夏どり栽培は冬期を挟んで育苗期間が長くなることから、慣行の小苗用として開発されていたネギの専用培土では、定植期には苗の養分の不足による生育不良が懸念される。

そこで、本研究では、セルトレー育苗による夏どり栽培技術を確立するため、収量が  $300 \text{ kg} \cdot \text{a}^{-1}$  以上で7月中旬から収穫できることを目標に、育苗時の追肥方法を検討した。

## 材料および方法

### 1. セルトレー育苗時の追肥の施用回数が生育と収量に及ぼす影響（試験1）

本研究は秋田県農業試験場で実施した。供試圃場は、前年に緑肥（ソルガム）を栽培し、土壌タイプは表層多腐植質多湿黒ボク土である。供試品種は‘羽緑一本太’とした。128穴セルトレーに1セルトレー当たり（ $N : P_2O_5 : K_2O = 600 : 7,000 : 150 \text{ mg} \cdot L^{-1}$ 、げんきくんネギ培土、コープケミカル（株））3.5 Lを充填し、2008年10月1日に1穴当たり2粒播種した。1穴当たりの苗立ち本数は、出芽後に間引いて1本とした。その後、無加温のビニルハウス内で換気開始の気温15°Cを目安として育苗した。追肥は液肥（ $N : P_2O_5 : K_2O = 10 : 4 : 8$ ）を400倍に希釈し（窒素成分で250 ppm）、30 cm×60 cmの大きさの苗箱に上面から1箱当たり500 mL施用した。追肥は葉色がやや退色した出葉数2枚程度の時期の12月4日から2009年4月9日まで、1週間に2回の割合（以下、2回/1W区）、1週間に1回の割合（以下、1回/1W区）、2週間に1回の割合（以下、1回/2W区）で行い、それとは別に追肥を行わない区（以下、無追肥区）を設けた。2回/1W区は合計で34回、1回/1W区は合計で18回および1回/2W区は合計で9回追肥し、培土1L当たりの窒素の施用量は成分量の合計でそれぞれ1,214 mg, 643 mg, 321 mgであった。いずれかの処理区で追肥した場合は、追肥しない区に対しても液肥の施用量と同量の水をかん水した。4月17日に、畝間を100 cmとして植え溝を成型し、移植機を用いてセル成型苗の植え付け間隔を5 cmで定植した。基肥には化成肥料で $N : P_2O_5 : K_2O = 1.4 : 1.9 : 1.4 \text{ kg} \cdot a^{-1}$ を、追肥には $N : P_2O_5 : K_2O = 1.5 : 0.4 : 1.5 \text{ kg} \cdot a^{-1}$ を施用した。各処理区の面積を9 m<sup>2</sup>とし2反復で実施した。

定植期の生育は、4月21日に葉数、地上部重、葉鞘径および草丈を各処理区の10個体について調査した。また、各処理区10個体の葉身部と葉鞘部の乾燥試料から500 mgを秤量し、ケルダール法により硫酸—過酸化水素分解した分解液中の窒素をオートアナライザー（TRAACS 2000, BRAN+LUEBBE社）で定量して窒素含有率を求め、乾物当たりの窒素吸収量を算出した。定植後の生育は、5月20日と6月17日に地上部重と草丈を各処理区10個体について調査した。収穫期の生育は、7月27日に地上部重、葉鞘径および草丈を各処理区20個体について調査した。その後、葉数を2.5~3.5枚、莖盤からの長さを60 cmに調製し、調製後の地上部重を計測し、収量を算出した。

### 2. セルトレー育苗時の追肥の施用濃度が生育と収量に及ぼす影響（試験2）

試験1の結果を受けて、セルトレー育苗による越冬育苗における実用的な追肥方法を検討した。本研究は秋田県農業試験場で実施した。供試圃場は、前年に緑肥（ソルガム）を栽培し、土壌タイプは表層多腐植質多湿黒ボク土である。品種は‘夏扇パワー’を用いた。2009年10月14日に、園芸用育苗培土（ $N : P_2O_5 : K_2O = 600 : 7,000 : 150 \text{ mg} \cdot L^{-1}$ ）3.5 Lを充填した128穴セルトレーに播種し、1穴当たりの苗立ち本数は1本とした。追肥は液肥（ $N : P_2O_5 : K_2O = 10 : 4 : 8$ ）を用いた。育苗培土1L当たりの育苗中の窒素総施用

量を 1,142 mg と 1,714 mg に設定し, 1,142 mg では希釈倍率を 25 倍 (窒素成分で 4,000 ppm) で 2 回 (以下, 25 倍×2 回区), 50 倍 (窒素成分で 2,000 ppm) で 4 回 (以下, 50 倍×4 回区) および 200 倍 (窒素成分で 500 ppm) で 16 回 (以下, 200 倍×16 回区), 1,714 mg では希釈倍率を 25 倍で 3 回 (以下, 25 倍×3 回区), 50 倍で 6 回 (以下, 50 倍×6 回区) 施用し, それとは別に無追肥区を設けた. 追肥はいずれの処理区とも葉色がやや退色した出葉数 2 枚程度の時期の 2010 年 2 月 15 日から開始し, その後の追肥はそれぞれの処理区において追肥の日程が概ね等間隔となるように, 25 倍×2 回区は 3 月 31 日, 50 倍×4 回区は 3 月 8 日, 3 月 23 日および 4 月 7 日, 200 倍×16 回区は 4 月 14 日まで 1 週間に 1~2 回の割合で, 25 倍×3 回区は 3 月 16 日と 4 月 5 日, 50 倍×6 回区は 3 月 2 日, 3 月 11 日, 3 月 23 日, 3 月 31 日および 4 月 9 日に行った. それ以外の育苗の管理は, 試験 1 と同様に行った. 4 月 20 日に試験 1 と同様に, 植え溝を成型し, 移植機を用いて定植した. 施肥量は基肥, 追肥とも試験 1 と同量とした. 各処理区の面積を 6 m<sup>2</sup> とし 3 反復で実施した.

定植期の生育は 4 月 22 日に各処理区 10 個体, 定植後の生育は 5 月 19 日と 6 月 15 日に各処理区 10 個体, 収穫期の生育と収量は 7 月 14 日に各処理区 20 個体について, 試験 1 と同様に調査した. 5 月 19 日, 6 月 15 日および 7 月 14 日に各処理区 3 個体の葉身部と葉鞘部の乾燥試料から 500 mg を秤量し, 試験 1 と同様に窒素含有率を求め, 乾物当たりの窒素吸収量を算出した.

## 結 果

### 1. セルトレー育苗時の追肥の施用回数が生育と収量に及ぼす影響（試験1）

定植期の出葉数は2回/1W区が5.1枚とそれ以外の処理区の4.8~4.9枚より多かった（第3-1-1表, 第3-1-1図）。地上部重と葉鞘径は2回/1W区がそれぞれ13.7gと7.4mmと最も大きく、次いで1回/1W区が10.9gと7.0mmと続き、1回/2W区と無追肥区が7.7~7.8gと6.2~6.5mmと同程度に小さかった。草丈は追肥回数が多い処理区ほど高くなる傾向が認められ2回/1W区が44cmと最も高く、次いで1回/1W区が41cm, 1回/2W区が33cmと続き、無追肥区が28cmと最も低かった。窒素含有率は葉身部が葉鞘部より高く、葉身部と葉鞘部とも2回/1W区がそれぞれ1.8%と1.1%と最も高く、次いで1回/1W区が1.4%と1.0%, 1回/2W区が1.1%と0.7%と続き、無追肥区が0.9%と0.6%と最も低い傾向であった。地上部窒素吸収量は2回/1W区が16.4mgと最も多く、次いで1回/1W区が12.3mgと高く、1回/2W区と無追肥区はそれぞれ6.6mgと6.1mgと同程度に少なかった。

定植後の生育は追肥回数が多い処理区ほど旺盛となる傾向となり、6月17日の地上部重と草丈は2回/1W区がそれぞれ132gと74cmと最も大きく、次いで1回/1W区が114gと70cmと続き、1回/2W区が95gと69cm, 無追肥区が90gと67cmと最も小さかった（第3-1-2表）。

収穫期の調製前の地上部重は2回/1W区が324gと最も重く、次いで1回/1W区が316g, 1回/2W区が306gと続き、無追肥区が291gと最も小さい傾向であった（第3-1-3表）。草丈は2回/1W区が100cmとそれ以外の処理区の98cmより高い傾向であった。収量は2回/1W区と1回/1W区がそれぞれ366kg・a<sup>-1</sup>と364kg・a<sup>-1</sup>と同程度に最も高く、次いで1回/2W区が350kg・a<sup>-1</sup>と続き、無追肥区が340kg・a<sup>-1</sup>と最も小さい傾向であった。規格別比率の2Lの割合も、2回/1W区と1回/1W区がそれぞれ57%と56%と同程度に最も高く、次いで1回/2W区が36%と続き、無追肥区が29%と最も小さい傾向であった。

### 2. セルトレー育苗時の追肥の施用濃度が生育と収量に及ぼす影響（試験2）

定植期の出葉数, 地上部重, 葉鞘径および草丈は, 無追肥区ではそれぞれ3.9枚, 6.1g, 6.5mmおよび30cm, それ以外の処理区では4.1~4.2枚, 11.0~12.6g, 7.5~7.9mmおよび42~47cmであった（第3-1-4表, 第3-1-2図）。無追肥区とそれ以外の処理区を比較すると, 無追肥区の出葉数はそれ以外の処理区より0.2~0.3枚少なく, 無追肥区の地上部重, 葉鞘径および草丈はそれ以外の処理区のそれぞれ48~55%, 82~87%および64~71%であった。無追肥区の窒素含有率は葉身部と葉鞘部でそれぞれ1.4%と0.6%と, それ以外の処理区の3.1~3.8%と2.0~2.6%より低かった。無追肥区の地上部窒素吸収量は3.5mgと, それ以外の処理区の11.6~13.3mgより少なかった。

定植後の生育は無追肥区の生育がそれ以外の処理区より小さく推移した（第3-1-5表）。



5月19日の地上部重と草丈は無追肥区がそれぞれ12gと36cmと最も小さく、次いで窒素総施用量1,142mg区が21~22gと44~45cmと小さく、窒素総施用量1,714mg区が27~29gと50cmと最も大きい傾向であった。6月15日も地上部重と草丈は無追肥区がそれぞれ54gと64cmと最も小さく、次いで窒素総施用量1,142mg区が84~95gと69~70cmと小さく、窒素総施用量1,714mg区が98~101gと71~72cmと最も大きい傾向であった。

定植後の窒素含有率は、いずれの処理区とも葉身部が葉鞘部より高く推移した(第3-1-3図)。無追肥区の葉身部の窒素含有率は5月19日~6月15日にかけて3.5%とそれ以外の処理区の2.8~3.3%より高い傾向で推移し、無追肥区の葉鞘部の窒素含有率は6月15日に2.0%とそれ以外の処理区の1.5~1.7%より高かったが、収穫期の7月14日にはいずれの処理区とも葉身部で3.0~3.3%、葉鞘部で1.7~1.8%と同等となった。しかし、無追肥区の窒素吸収量は地上部の生育に応じて葉身部、葉鞘部ともそれ以外の処理区より少なく推移し、7月14日の無追肥区の合計の窒素吸収量は $7.1\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ と、それ以外の処理区の $8.7\sim 9.6\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ より少なかった。

収穫期の調製前の地上部重は無追肥区が211gと最も軽く、次いで25倍×2回区が240gと軽く、それ以外の処理区は257~270gと同程度に最も重い傾向であった(第3-1-6表)。葉鞘径も無追肥区が19.5mmと最も細く、次いで25倍×2回区が20.6mmと細く、それ以外の処理区は21.0~21.7mmと同程度に最も太い傾向であった。草丈は無追肥区が88cmとそれ以外の処理区の90~91cmよりやや短い傾向であった。収量は無追肥区が $272\text{ kg}\cdot\text{a}^{-1}$ と最も低く、次いで25倍×2回区が $320\text{ kg}\cdot\text{a}^{-1}$ と低く、それ以外の処理区は $344\sim 354\text{ kg}\cdot\text{a}^{-1}$ と同程度に最も高い傾向であった。規格別比率の2Lの割合も、無追肥区が3%と最も低く、次いで25倍×2回区が27%と低く、それ以外の処理区は35~51%と高い傾向であった。

## 考 察

### 1. 育苗時の追肥の施用と生育との関係

セルトレーでネギを育苗する場合の育苗培土には、窒素は 1L 当たり成分量で 400~940 mg 含まれる (土屋, 1999). この窒素成分量は, 出葉数 2 枚程度の小苗で定植する場合には, 育苗中の追肥が不要な量であるが (本庄, 2014), 本栽培のようにセルトレーで出葉数 2 枚以上の大苗を育成する場合には, 窒素の不足による生育不良が懸念されることから, 育苗時の追肥方法を検討した. 試験 1 では, 品種 '羽緑一本太' を用いて前年の 10 月 1 日に播種し, 12 月 4 日から 400 倍で希釈した液肥 (窒素成分で 250 ppm) を用いて追肥を開始した. 定植期の 4 月 21 日では, 無追肥区で追肥区と比較して生育が劣り, 追肥区では追肥の回数が多い処理区ほど生育が旺盛になる傾向であった. 定植後も同様な傾向が続き, 収穫期の 7 月 27 日では, 無追肥区の収量が最も低く 2L 規格の割合が最も少なかったのに対し, 追肥区では追肥の回数が多いほど収量が高く 2L 規格の割合が多くなる傾向であった. 以上のように, 育苗中の追肥の効果が認められ, さらに最も施用回数が多かった 2 回/1W 区が定植期の生育が旺盛で収量が高い傾向となった. しかし, 2 回/1W 区が追肥 (窒素) 施用の効果が認められる上限であるかの判断ができていないこと, さらに実用性を考慮すると 2 回/1W 区は追肥の施用回数が 34 回と追肥作業に要する労力が多くなる問題点があった. そこで, 試験 2 では, 育苗培土 1L 当たりの窒素総施用量として 2 回/1W 区と同程度とした 1,142 mg と, その約 1.5 倍とした 1,714 mg の 2 つの区を設定し, セルトレー育苗において追肥の施用回数を少なくできる実用的な追肥方法を検討した. また, 川城 (1999) はネギの育苗培土の窒素成分量は低温期では多めが良いと指摘していることから, 液肥の希釈倍率を 25 倍 (窒素成分で 4,000 ppm) と, 50 倍 (窒素成分で 2,000 ppm) とした区を組み合わせで検討した. 無追肥区の生育は, 定植期の 4 月 22 日, 定植後とも追肥区より劣り, 無追肥区の収量は目標の 300 kg・a<sup>-1</sup> に達しなかった. 一方, 追肥した 1,142 mg と 1,714 mg のいずれの処理区とも定植期の 4 月 22 日では同等の生育で, 育苗の段階では 1,142 mg 区より窒素の施用量を増やしても, それ以上に生育量は増大しなかった. 定植後の 5 月 19 日では 1,714 mg 区の生育が 1,142 mg 区より旺盛となる傾向が認められた. これは, 1,714 mg 区では育苗時に吸収されなかった肥料成分が育苗培土に多く残存し, その肥料が定植後に圃場に持ちこまれ, 定植後の生育がやや旺盛になったと考えられた. しかし, 6 月 15 日では 1,714 mg 区と 1,142 mg 区との生育の違いは小さくなり, さらに収穫期の 7 月 14 日には同等の生育となったことから, 育苗時の窒素総施用量としては育苗培土 1L 当たり 1,142 mg で十分であると考えられた.

以上のように, 育苗時の追肥が定植時, 定植後および収穫期の生育に及ぼす効果は試験 1, 試験 2 とともに認められたことから, セルトレーで大苗に育苗する場合は, 追肥で肥効を維持することが重要なポイントであることが明らかとなった. 育苗培土 1L 当たりの窒素総施用量については, 試験 1 では 2 回/1W 区の 1,214 mg までは, 施用量が多いほど生育が旺盛となったが, 試験 2 では 1,142 mg 区と 1,714 mg 区では収穫期の生育に大きな違いが見られなかったことから, セルトレー育苗における施用量は 1,142 mg 程度が適量

であると考えられた。また、1,142 mg 区では、25 倍×2 回区の生育がやや小さい傾向となり、高濃度による生育障害も懸念されることから、施用濃度と施用回数については 50 倍×4 回区が適切であると考えられた。

## 2. 窒素含有率からみた育苗時の追肥の効果

試験 1 では、定植期の 4 月 21 日において、無追肥区の窒素含有率は追肥区と比較して低く、追肥区では追肥回数が多い処理区ほど窒素含有率が高くなる傾向となり、窒素含有率の観点からも育苗時の追肥の効果が支持された。ネギの定植期の窒素含有率については、葉身部と葉鞘部を合わせた地上部全体で 2.7%（田中・小山田，2000a），3.3%（石居ら，1967）との報告があり、この値は、試験 1 の葉身部で 1.8%，葉鞘部で 1.1%と最も窒素含有率の高い 2 回/1W 区の値より高い。一方、試験 2 では、定植期の追肥区の窒素含有率は、葉身部で 3.1～3.8%，葉鞘部で 2.0～2.6%と前述の田中・小山田（2000a）と石居ら（1967）の報告の値に近い。従って、試験 2 の追肥区の窒素含有率は、適正な範囲内の値であると考えられた。なお、試験 1 と試験 2 において、窒素総施用量が同じ処理区であっても試験 2 の窒素含有率が試験 1 より高かったのは、試験 2 は試験 1 に比べて育苗期間が短いことから、試験 2 の育苗培土には生育に必要な窒素が定植期まで多く残存していたからと考えられた。

## 3. セルトレー育苗における追肥方法

以上の結果から、葉色が退色する 2 月上旬頃から追肥を開始し、その後は、3 月上旬、3 月下旬、4 月上旬に施用すること、液肥（N：P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>：K<sub>2</sub>O = 10：4：8）を 50 倍で希釈し、苗箱（30 cm×60 cm）1 枚当たり 500 mL 施用する、とした実用的な追肥方法を明らかにした。

第 3-1-1 表 育苗時の追肥の施用回数の違いが定植期の生育に及ぼす影響  
(2009 年 4 月 21 日)

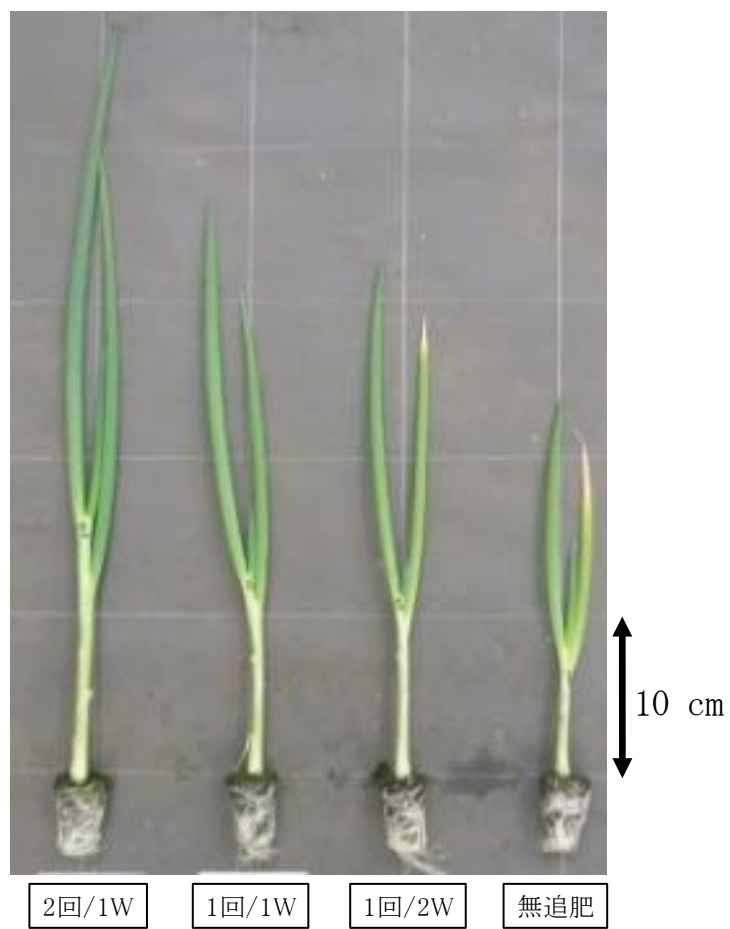
試験区	施用回数 (回)	窒素 総施用量 <sup>z</sup> (mg)	出葉数 <sup>y</sup> (枚)	地上部重 (g/株)	葉鞘径 (mm)	草丈 (cm)	窒素含有率 <sup>x</sup>		地上部 窒素吸収量 <sup>x</sup> (mg/株)
							葉身部 (%)	葉鞘部 (%)	
2回/1W	34	1,214	5.1 a <sup>w</sup>	13.7 a	7.4 a	44 a	1.8	1.1	16.4
1回/1W	18	643	4.8 b	10.9 b	7.0 b	41 b	1.4	1.0	12.3
1回/2W	9	321	4.9 b	7.7 c	6.2 c	33 c	1.1	0.7	6.6
無追肥	0	0	4.8 b	7.8 c	6.5 c	28 d	0.9	0.6	6.1

<sup>z</sup> 培土 1L 当たり

<sup>y</sup> 4 月 14 日調査

<sup>x</sup> 乾物当たり

<sup>w</sup> 異なる英文字間には 5% 水準で有意差あり (Tukey 法, n=10)



第3-1-1 図 定植期の生育 (2009年4月21日)

第3-1-2表 育苗時の追肥の施用回数の違いが定植後の生育に及ぼす影響 (2009年)

試験区	5月20日		6月17日	
	地上部重	草丈	地上部重	草丈
	(g/株)	(cm)	(g/株)	(cm)
2回/1W	38 a <sup>z</sup>	47 a	132 a	74 a
1回/1W	24 b	42 b	114 b	70 b
1回/2W	23 b	42 b	95 c	69 b
無追肥	16 c	37 c	90 c	67 b

<sup>z</sup>異なる英文字間には5%水準で有意差あり(Tukey法, n=20)

第 3-1-3 表 育苗時の追肥の施用回数の違いが収穫期の生育と収量に及ぼす影響  
(2009 年 7 月 27 日)

試験区	調製前			調製後 <sup>z</sup>		規格別比率 <sup>y</sup>			
	地上部重 (g/株)	葉鞘径 (mm)	草丈 (cm)	地上部重 (g/株)	収量 (kg・a <sup>-1</sup> )	2L	L	M	S
2回/1W	324 a <sup>x</sup>	22.4 a	100 a	183 a	366	57	43	0	0
1回/1W	316 ab	22.3 a	98 a	182 a	364	56	44	0	0
1回/2W	306 ab	21.8 a	98 a	175 a	350	36	64	0	0
無追肥	291 b	21.6 a	98 a	170 a	340	29	71	0	0

<sup>z</sup>葉数 2.5~3.5 枚, 長さ 60cm に調製

<sup>y</sup>2L, L, M, S は, それぞれ調製後の地上部重 180 g 以上, 120 g 以上 180 g 未満, 80 g 以上 120 g 未満, 80 g 未満

<sup>x</sup>異なる英文字間には 5%水準で有意差あり(Tukey 法, n=40)

第3-1-4表 育苗時の追肥の施用濃度の違いが定植期の生育に及ぼす影響  
(2010年4月22日)

試験区		施用回数	出葉数 (枚)	地上部重 (g/株)	葉鞘径 (mm)	草丈 (cm)	窒素含有率 <sup>y</sup>		地上部 窒素吸収量 <sup>y</sup> (mg/株)
窒素 総施用量 <sup>z</sup>	液肥希釈 倍率						葉身部 (%)	葉鞘部 (%)	
1,142mg	25倍	2	4.1 a <sup>x</sup>	12.1 a	7.7 a	43 ab	3.5	2.1	12.9
1,142mg	50倍	4	4.1 a	11.2 a	7.9 a	43 ab	3.3	2.1	13.2
1,142mg	200倍	16	4.2 a	12.6 a	7.6 a	47 a	3.1	2.0	12.3
1,714mg	25倍	3	4.1 a	11.0 a	7.5 a	43 ab	3.3	2.2	11.6
1,714mg	50倍	6	4.2 a	11.5 a	7.8 a	42 b	3.8	2.6	13.3
無追肥		-	3.9 b	6.1 b	6.5 b	30 c	1.4	0.6	3.5

<sup>z</sup>培土 1L 当たり

<sup>y</sup>乾物当たり

<sup>x</sup>異なる英文字間には5%水準で有意差あり(Tukey法, n=10)





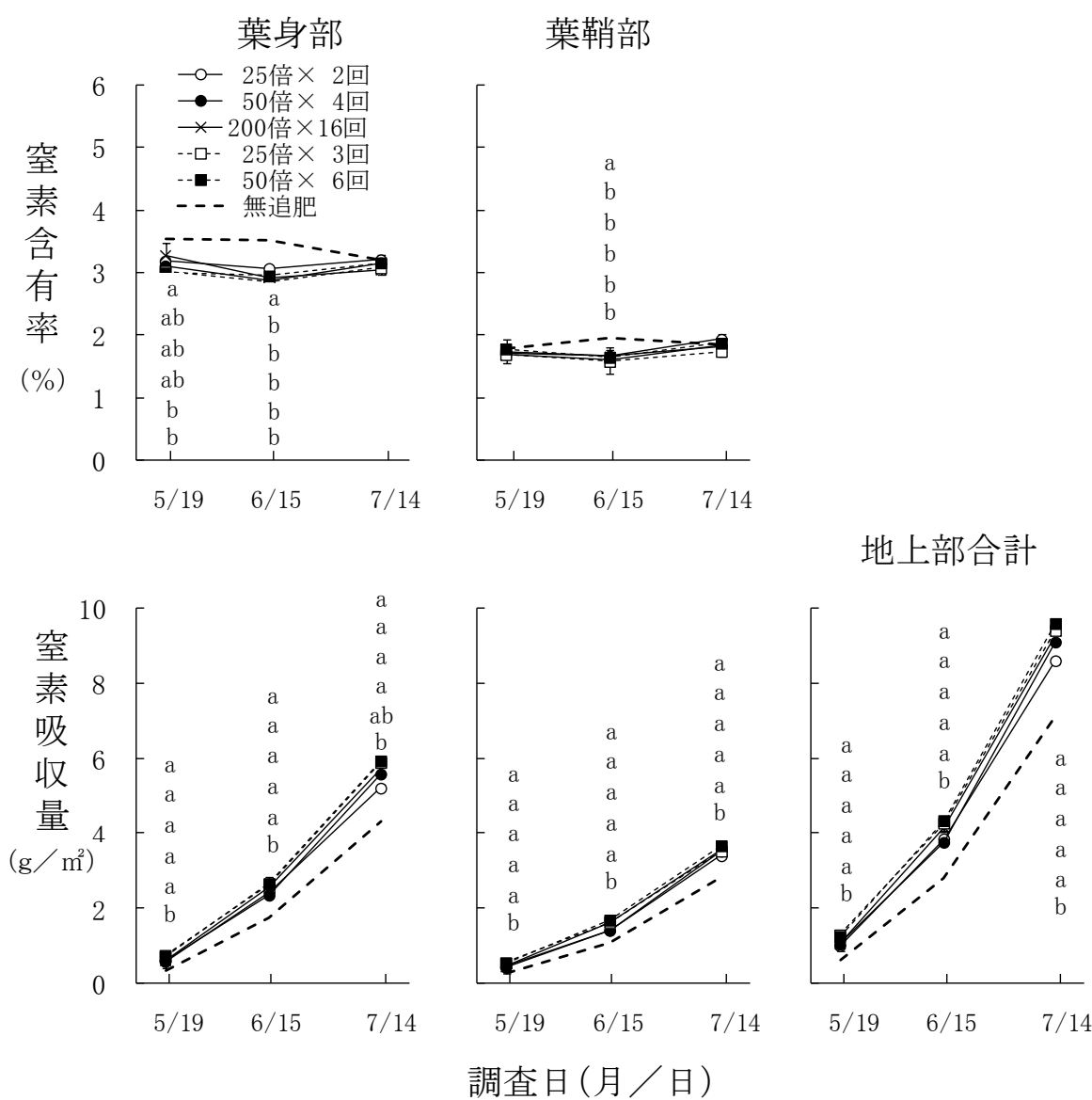
第3-1-2図 定植期の生育 (2010年4月22日)

第3-1-5表 育苗時の追肥の施用濃度の違いが定植後の生育に及ぼす影響  
(2010年)

試験区			5月19日		6月15日	
窒素 総施用量 <sup>z</sup>	液肥希釈 倍率	施用回数 (回)	地上部重 (g/株)	草丈 (cm)	地上部重 (g/株)	草丈 (cm)
1,142mg	25倍	2	21 b <sup>y</sup>	44 b	84 a	70 a
1,142mg	50倍	4	22 b	45 ab	87 a	69 ab
1,142mg	200倍	16	22 b	44 b	95 a	70 a
1,714mg	25倍	3	29 a	50 ab	101 a	72 a
1,714mg	50倍	6	27 ab	50 a	98 a	71 a
無追肥		-	12 c	36 c	54 b	64 b

<sup>z</sup>培土 1L 当たり

<sup>y</sup>異なる英文字間には5%水準で有意差あり(Tukey法, n=10)



第3-1-3図 定植後の乾物当たりの窒素含有率および窒素吸収量の推移 (2010年)  
 調査日ごとの異なる英文字間には5%水準で有意差あり (Tukey法, n=3)

第 3-1-6 表 育苗時の追肥の施用濃度の違いが収穫期の生育と収量に及ぼす影響  
(2010 年 7 月 14 日)

試験区			調製前			調製後 <sup>y</sup>		規格別比率 <sup>x</sup>			
窒素	液肥希釈	施用回数	地上部重	葉鞘径	草丈	地上部重	収量	2L	L	M	S
総施用量 <sup>z</sup>	倍率	(回)	(g/株)	(mm)	(cm)	(g/株)	(kg・a <sup>-1</sup> )	(%)			
1,142mg	25倍	2	240 ab <sup>w</sup>	20.6 b	90 a	160 a	320 a	27	70	3	0
1,142mg	50倍	4	268 a	21.7 a	91 a	175 a	350 a	35	65	0	0
1,142mg	200倍	16	270 a	21.5 a	90 a	177 a	354 a	51	49	0	0
1,714mg	25倍	3	263 a	21.0 ab	91 a	177 a	354 a	41	57	2	0
1,714mg	50倍	6	257 a	21.0 ab	90 a	172 a	344 a	41	56	0	3
無追肥		-	211 b	19.5 c	88 a	136 b	272 b	3	69	24	4

<sup>z</sup> 培土 1L 当たり

<sup>y</sup> 葉数 2.5~3.5 枚, 長さ 60 cm に調製

<sup>x</sup> 2L, L, M, S は, それぞれ調製後の地上部重 180 g 以上, 120 g 以上 180 g 未満, 80 g 以上 120 g 未満, 80 g 未満

<sup>w</sup> 異なる英文字間には 5%水準で有意差あり(Tukey 法, n=3)

## 第2節 セルトレー育苗時における温度管理方法の検討

### 緒言

セルトレー育苗による7月どり栽培は冬期を挟んで育苗期間が長くなることから、生産者間の温度管理の違いや年次の違いで苗の生育が異なり、抽苔の発生が多くなることや収穫期が遅延することが想定される。

そこで、本研究では、セルトレー育苗による7月どり栽培技術を確立するため、抽苔の発生を抑制し、収量が $300 \text{ kg} \cdot \text{a}^{-1}$ 以上で7月中旬から収穫することを目標に、育苗時の温度管理方法と苗の生育指標を検討した。

## 材料および方法

### 1. 育苗時の温度管理の違いが生育と収量に及ぼす影響（試験1）

本研究は秋田県農業試験場で実施した。供試圃場は、前年に緑肥（ソルガム）を栽培し、土壌タイプは表層多腐植質多湿黒ボク土である。供試品種は‘夏扇パワー’とした。2009年10月14日に園芸用育苗培土（ $N : P_2O_5 : K_2O = 600 : 7,000 : 150 \text{ mg} \cdot L^{-1}$ ）を充填した128穴セルトレーに播種した。1穴当たりの株数は、播種後に間引いて1本とした。その後、無加温のビニルハウス内で換気開始の気温 $15^\circ\text{C}$ を目安に育苗し、子葉展開期の2009年10月27日から、換気開始の気温を $5^\circ\text{C}$ 、 $12.5^\circ\text{C}$ 、 $20^\circ\text{C}$ に設定したそれぞれのビニルハウスにネギ苗を移し、定植期の2010年4月20日まで育苗した。ビニルハウスの開閉は、ビニルハウス中央部の高さ150 cmに温度センサーを設置した、自動換気システムで行った。追肥は液肥（ $N : P_2O_5 : K_2O = 10 : 4 : 8$ ）を50倍に希釈し、2010年2月21日、3月13日、4月3日に1セルトレー（30 cm×60 cm）当たり500 mLを上面から施用した。4月20日に、畝間を100 cmとして植え溝を成型し、移植機を用いて、セル成型苗の植え付け間隔を5 cmで定植した。基肥には化成肥料で $N : P_2O_5 : K_2O = 1.4 : 1.9 : 1.4 \text{ kg} \cdot a^{-1}$ を、追肥には $N : P_2O_5 : K_2O = 1.5 : 0.4 : 1.5 \text{ kg} \cdot a^{-1}$ を施用した。各処理区の面積を $6 \text{ m}^2$ とし3反復で実施した。

定植期の4月22日に出葉数、地上部重、葉鞘径および草丈を各処理区の10個体について3反復で調査した。育苗中のビニルハウス内の気温はビニルハウス中央部の地表から高さ150 cmの位置を、セルトレーの培土内の地温はハウス中央部のセルトレーの地表下2 cmの部分をデータロガーを用いて計測した。定植後は6月9～29日まで1週間ごとに、各処理区80株について抽苔の有無を調査した。収穫調査は7月14日に20個体について、出葉数、地上部重、葉鞘径および草丈を3反復で調査した。その後、葉数を2.5～3.5枚、茎盤からの長さを60 cmに調製し、調製後の地上部重を計測し、収量を算出した。

### 2. 育苗時における冬春期の温度管理の違いが生育と収量に及ぼす影響（試験2）

供試品種は‘夏扇パワー’とした。2010年10月18日に試験1と同様に128穴セルトレーに播種し、1穴当たりの株数を1本とした。その後、無加温のビニルハウス内で2010年12月15日まで換気開始の気温 $15^\circ\text{C}$ を目安として育苗し、厳冬期の12月16日～2011年2月21日までは無換気とした。2月22日から冬春期の温度管理として換気開始温度を $12.5^\circ\text{C}$ 、 $20^\circ\text{C}$ 、 $27.5^\circ\text{C}$ に設定したそれぞれのビニルハウスにネギ苗を移し、4月18日まで育苗した。それ以外の育苗の管理は、試験1と同様に行った。4月18日に試験1と同様に、植え溝を成型し、移植機を用いて定植した。施肥量は基肥、追肥とも試験1と同量とした。各処理区の面積を $7.2 \text{ m}^2$ とし3反復で実施した。

定植期の4月19日に出葉数、地上部重、葉鞘径、および草丈を各処理区の10個体について3反復で調査した。育苗中の気温と地温は試験1と同様に計測した。定植後は5月26日～7月11日まで1週間ごとに、各処理区80株について抽苔の有無を調査した。収穫調

査は、7月13日に各処理区20個体について、試験1と同様に行った。

### 3. 育苗時における秋冬期と冬春期の温度管理の違いが生育と収量に及ぼす影響（試験3）

供試品種は‘夏扇パワー’を用いた。2011年10月17日に試験1と同様に128穴セルトレーに播種し、1穴当たりの株数を1本とした。その後、無加温のビニルハウス内で2011年11月4日まで換気開始の気温15℃を目安として育苗した。子葉展開期の11月4日から、秋冬期の温度管理として換気開始の気温を5℃、12.5℃、20℃に設定したそれぞれのビニルハウスにネギ苗を移し、12月16日まで育苗した。厳冬期の12月17日～2012年2月19日までは無換気とした。2月20日から冬春期の温度管理として換気開始の気温を12.5℃、20℃、27.5℃に設定したそれぞれのビニルハウスにネギ苗を移し、4月17日まで育苗した。それ以外の育苗の管理は、試験1と同様に行った。4月17日に試験1と同様に、植え溝を成型し、移植機を用いて定植した。施肥量は基肥、追肥とも試験1と同量とした。各処理区の面積を6.4 m<sup>2</sup>とし3反復で実施した。

育苗時の生育は、11月15日～4月18日まで約15日ごとに、出葉数を各処理区の同一の10株について継続して3反復で調査した。12月1日、12月16日、2月1日、2月20日、3月1日、4月2日および定植期の4月18日に、葉鞘径、地上部重および草丈を各処理区の10個体について3反復で調査した。また、灰色カビ病の発生状況を、11月28日に各処理区の任意の10セルトレー（1,280株）について調査した。育苗中の気温と地温をデータロガー（おんどとり Jr. RTR-53A, (株) テイアンドデイ）を用いて試験1と同様に計測し、同時に湿度も計測した。定植後は5月24日～7月11日まで1週間ごとに、各処理区80株について抽苔の有無を調査した。収穫調査は、7月17日に20個体について、試験1と同様に行った。

## 結 果

### 1. 試験実施年の気象経過とハウス内の気温と地温

本研究では、育苗期間を秋冬期（概ね10月下旬～12月中旬）、厳冬期（概ね12月中旬～2月下旬）、冬春期（概ね2月下旬～4月中旬）の3つに区分した。第3-2-1表に、試験実施年の育苗時と定植後から収穫までの平均気温と平均日照時間を示した。育苗時の平均気温は、いずれの実施年とも秋冬期が最も高く、次いで冬春期が高く、厳冬期が最も低かった。秋冬期の平均気温は、いずれの試験実施年とも平年の5.9℃より高く、試験3が7.1℃と最も高く、次いで試験1が6.8℃と高く、試験2が6.5℃と最も低かった。厳冬期の平均気温は、いずれの試験実施年とも平年の-0.7℃より低く、試験3が-2.1℃と最も低く、次いで試験2が-1.4℃と低く、試験1が-0.9℃と最も高かった。冬春期の平均気温は、いずれの試験実施年とも平年の3.1℃より低く、試験2が1.7℃と最も低く、次いで試験3が1.8℃と低く、試験1が2.6℃と最も高かった。定植後の4月16日～7月20日までの平均気温は、いずれの実施年とも平年の16.1℃より0.3～0.4℃高く、16.4～16.5℃と同程度であった。育苗時の1日当たりの平均日照時間は、いずれの試験実施年とも冬春期が最も長く、次いで秋冬期が長く、厳冬期が最も短かった。秋冬期の平均日照時間は、試験1が2.8時間と平年の2.4時間よりやや長かったが、試験2と3は2.3～2.5時間と平年と同程度であった。厳冬期の平均日照時間は、試験2が1.4時間と平年の1.3時間と同等であったが、試験1と3は0.9～1.1時間と平年よりやや短かった。冬春期の平均日照時間は、試験1と2が3.5～3.6時間と平年の3.7時間と同等であったが、試験3は3.2時間と平年よりやや短かった。定植後の平均日照時間は、試験1と2が4.9時間と平年の5.4時間より短かったが、試験3は5.8時間と平年より長かった。

育苗時のビニルハウス内の平均気温と平均地温の推移を第3-2-2表に示した。同じ設定温度で同時期の平均地温と平均気温を比較すると、平均地温は平均気温より0.3～2.3℃高めに推移した。秋冬期の平均気温は、5℃区で6.9～7.8℃、12.5℃区で7.7～9.1℃、15℃区で7.8℃、20℃区で8.3～9.7℃と換気開始の気温が高いほど高かった。同様に、冬春期の平均気温は、5℃区で5.3℃、12.5℃区で6.0～7.0℃、20℃区で7.5～8.1℃、27.5℃区で8.8～9.5℃と換気開始の気温が高いほど高かった。また、同じ設定温度で秋冬期と冬春期の平均気温を比較すると、秋冬期は冬春期より0.8～2.5℃高かった。

試験1の育苗時におけるハウス内の最高気温、日平均気温および最低気温の推移を第3-2-1図に示した。最高気温は、換気開始の気温の設定に応じて20℃区が最も高く、次いで12.5℃区と続き、5℃区が最も低くなり、処理区間差が大きかった。また、その処理区間差は、秋冬期より冬春期で大きかった。日平均気温も、最高気温と同様に推移したが、処理区間の差は最高気温の場合より小さかった。一方、最低気温はいずれの処理区とも同等に推移した。

### 2. 育苗時の温度管理の違いが生育と収量に及ぼす影響（試験1）



試験1の定植期の生育は、換気開始の気温が高い処理区ほど旺盛となり、20℃区の出葉数、地上部重および葉鞘径が最も大きく、次いで12.5℃区と続き、5℃区が最も小さかった(第3-2-3表, 第3-2-2図)。草丈は20℃区が52 cmと最も大きく、12.5℃区は36 cmで5℃区の32 cmよりやや大きい傾向であった。また、5℃区では2月上～中旬にかけての低温によると考えられる苗の障害がみられ、枯死に至る苗が認められた(第3-2-3図)。

抽苔率は5℃区が0.4%と最も低く、次いで20℃が5.0%と低く、12.5℃区が9.2%と最も高かった(第3-2-4表)。収穫期の生育は、換気開始の気温が高い処理区ほど出葉数、地上部重、葉鞘径が大きい傾向であったが、草丈はいずれの処理区とも同等であった。また、換気開始の気温が高い処理区ほど2L規格の割合が高い傾向であった。抽苔の発生が多かった12.5℃区では収量が336 kg・a<sup>-1</sup>と最も低い傾向であったものの、目標収量の300 kg・a<sup>-1</sup>を上回った。

### 3. 育苗時における冬春期の温度管理の違いが生育と収量に及ぼす影響(試験2)

試験2では、試験1の5℃区で2月上～中旬にかけて凍害がみられたこと、降雪の影響でビニルハウスのサイドを頻繁に除雪する必要があったことから、12月中旬～2月中旬の厳冬期は無換気とし、2月下旬頃から換気を開始した。また、試験1では12.5℃区より20℃区で抽苔の発生が少なかったことから、12.5℃以上の設定温度で冬春期における換気開始の気温の影響を検討した。試験2の定植期の生育は、換気開始の気温が高い処理区ほど旺盛となり、27.5℃区の出葉数、地上部重および草丈が最も大きく、次いで20℃区と続き、12.5℃区が最も小さかった(第3-2-5表, 第3-2-4図)。

抽苔は、定植期の苗の生育が最も小さかった12.5℃区で0.4%の発生がみられたが、それよりも生育が大きかった20℃区と27.5℃区での発生はみられなかった(第3-2-6表)。収穫期の生育は、換気開始の気温が高い処理区ほど出葉数が多い傾向であったが、地上部重、葉鞘径および草丈はいずれの処理区とも同等であった。収量と規格別比率はいずれの処理区とも同等で、収量は目標の300 kg・a<sup>-1</sup>を上回った。

### 4. 育苗時における秋冬期と冬春期の温度管理の違いが生育と収量に及ぼす影響(試験3)

試験3では、試験1と試験2の結果を踏まえて、秋冬期と冬春期でそれぞれ設定した換気開始の気温を組み合わせで検討した。秋冬期の11月28日に12.5℃区で0.2%、20℃区で1.3%の割合で灰色カビ病が認められた(第3-2-7表)。灰色カビ病が認められた日までの7日間の湿度は、20℃区が最も高く、次いで12.5℃区が高く、5℃区が最も低い傾向で推移し、換気開始の気温が高い処理区ほど湿度が高く、灰色カビ病の発生が多い傾向が認められた(第3-2-5図)。

定植期の出葉数には、秋冬期と冬春期の換気開始の気温の影響がみられ、高い処理区ほど大きく、秋冬期と冬春期の換気開始の気温が最も低い秋冬期5℃+冬春期12.5℃区が3.7枚と最も少なく、換気開始の気温が最も高い秋冬期20℃+冬春期27.5℃区が、4.6枚と最も多かった(第3-2-8表, 第3-2-6図)。定植期の地上部重と葉鞘径にも、秋冬期と冬春期

の換気開始の気温の影響がみられ、それぞれの時期の換気開始の気温が、高い処理区ほど大きい傾向であった。定植期の草丈には、秋冬期の影響が認められなかったが、冬春期の影響は認められ、冬春期の 12.5°C区で 31 cm, 20°C区で 35 cm, 27.5°C区で 43 cm と、換気開始の気温が高い処理区ほど大きかった。

抽苔の発生は秋冬期 5°C区では全くみられなかった。しかし、秋冬期 12.5°C区では 0.4~0.8%の割合、秋冬期 20°C区では冬春期の 12.5°C区と 20°C区で 0.4~0.8%の割合で抽苔の発生がみられたが、いずれも抽苔率は 1%未満と極めて低かった（第 3-2-9 表）。収穫期の生育は、秋冬期と冬春期の換気開始の気温が高い処理区ほど、出葉数は大きい傾向であったが、地上部重、葉鞘径および草丈はいずれの処理区とも同等であった。収量と規格別比率はいずれの処理区とも同等で、収量は目標の 300 kg・a<sup>-1</sup>を上回った。

## 考 察

### 1. セルトレー育苗時の温度管理と生育との関係

本研究では、セルトレー育苗による7月どり栽培における、育苗時の温度管理方法を確立するため、3か年にわたり、育苗時の換気開始の気温を変えて試験を実施した。定植期の苗の生育は、換気開始の設定温度が高いほど旺盛となり、出葉数、地上部重、葉鞘径および草丈が大きかった。しかし、収穫期には、地上部重、葉鞘径および草丈は、設定温度が高いほど大きくなる傾向が認められるものの、その差は小さく、いずれの処理区とも7月中旬に収量が $300 \text{ kg} \cdot \text{a}^{-1}$ 以上となり、目標とした収穫期と収量を達成した。ネギの場合、一般に定植期の苗が大きいほど収穫時期が早まり、収量も向上すると報告されている（石黒, 1967; 石居・細谷, 1967; 小林ら, 1990; 霜田ら, 2010）が、本研究では、定植期の苗の大小の違いは、収穫時期や収量に大きな影響を及ぼさなかった。これは、本研究で設定した温度管理でみられる程度の苗の大小の違いは、収穫期までに平準化されるためと考えられた。従って、セルトレー育苗による7月どり栽培においては、第3章の第1節で、育苗中の無追肥区は、定植期の苗が小さく収量も少なかったのに対し、生産者間の温度管理の違いや年次の違いで定植期の苗の大きさが多少異なっても、7月中旬から安定して収穫できると考えられた。

### 2. セルトレー育苗時の温度管理と抽苔との関係

ネギは、緑植物低温感応型の作物であり、一定の大きさに達した株が基本的に低温条件に遭遇することで花芽分化し、その後の高温・長日条件で抽苔する（斎藤, 1983）。従って、越冬育苗では低温条件を経過することから、苗が大きすぎると花芽分化し抽苔が発生する。ネギの場合、抽苔した株でも発生した花序を除去することで、花茎側芽が代わって成長して新生株となるため、それを収穫することは可能である。しかし、花序の除去に要する労力が大きいこと（本庄ら, 2006）、その後に発生する花茎側芽の新生株は、収穫期が遅れるなどの問題点があり、抽苔を回避することは重要である（斎藤, 2008）。そこで、セルトレー育苗による7月どり栽培では、抽苔の発生が1%以下であることを目標に設定した。3か年の試験の結果では、試験1の $12.5^\circ\text{C}$ 区（秋冬期、冬春期とも換気開始の気温を $12.5^\circ\text{C}$ に設定）で9.2%、試験1の $20^\circ\text{C}$ 区（秋冬期、冬春期とも換気開始の気温を $20^\circ\text{C}$ に設定）で5.0%と低率であるが抽苔の発生がみられたが、それ以外の処理区では抽苔の発生は設定した目標の1.0%以下であった。また、抽苔率が9.2%だった試験1の $12.5^\circ\text{C}$ 区と5.0%だった試験1の $20^\circ\text{C}$ 区の収量は、抽苔に伴う減収分を差し引いても、それぞれ $336 \text{ kg} \cdot \text{a}^{-1}$ と $390 \text{ kg} \cdot \text{a}^{-1}$ と目標の $300 \text{ kg} \cdot \text{a}^{-1}$ 上回っており、セルトレー育苗による7月どり栽培では、抽苔に伴う収量の減少のリスクは、比較的小さいと考えられた。

### 3. セルトレー育苗における温度管理方法

秋田県の秋冬期は、3か年のアメダスデータで示されるとおり、曇天日が多く、秋冬期の平均日照時間は2.3～2.8時間と冬春期の3.2～3.6時間より短い。また、秋冬期の平均気温は6.5～7.1℃と冬春期の1.7～2.6℃より高いことから、秋冬期は灰色カビ病の発生が多い気象条件である。しかし、秋冬期の換気開始温度を低めに設定し、換気時間を長くすることで、ビニルハウス内の湿度が低下し、灰色カビ病の発生が軽減されることが示された。従って、病害を回避する観点から、秋冬期の温度を低めに設定する必要がある。換気開始の気温の目安は10℃程度が適当であると考えられた。一方、冬春期は平均気温が低いことから、試験1の5℃区でみられたように低温障害を受けることがある。従って、冬春期の設定温度は高めに設定する必要がある。換気開始の気温の目安は12.5℃以上とするのが適当であると考えられた。

#### 4. 抽苔の回避と7月中旬からの安定した収穫が可能な育苗時の生育指標

前述のとおり、いずれの処理区とも目標とした7月中旬に収穫が可能で、収量が300 kg・a<sup>-1</sup>以上であった。その中で試験3の秋冬期5℃+冬春期12.5℃区は、出葉数が3.7枚、葉鞘径が6.0 mmと定植期の生育量が最小であり、定植期の苗がこれ以上の大きさであれば、目標収量を達成して7月中旬からの収穫が可能であると考えられた。そこで、試験3の秋冬期5℃+冬春期12.5℃区の生育経過を、セルトレー育苗において7月中旬からの安定した収穫を可能とする観点から、育苗時の苗の生育指標の下限とした(第3-2-7図)。

抽苔の原因となる花芽分化にかかわる苗の大きさの指標として、ネギの場合は苗重より葉鞘径が適当であることから(渡辺, 1955)、花芽分化と葉鞘径との関係が多く報告されている(阿部・中住, 2004; 安藤ら, 2002; 本間ら, 1999; 稲川ら, 1995; 白岩ら, 2005)。また、分化可能な最小の生育量としては齢(出葉数)を用いるのが適切であることが報告されている(山崎ら, 2012)。第1章では、品種‘夏扇パワー’の場合は定植期の出葉数が4.6枚以上で葉鞘径が6.9 mm以上の場合に花芽分化が認められ、出葉数または葉鞘径のいずれか一方が一定の大きさに達しない場合には花芽分化しないことを報告し、花芽分化を回避できる定植期の出葉数と葉鞘径を明らかにすることで抽苔を抑制できると考察した。しかし、本研究の試験1の12.5℃区では、出葉数が4.3枚で葉鞘径が7.7 mmと第1章で花芽分化がみられなかった出葉数4.6枚に達しない場合でも9.2%の割合で抽苔が発生した。このことは、定植期の出葉数が第1章の結果よりも少ない4.3枚でも抽苔することを意味する。従って、本研究と第1章の結果から判断すると、定植期の苗の大きさを出葉数は4.3枚より小さく、葉鞘径は6.9 mmより小さくすることで、抽苔の発生を目標の1%以下にできる可能性が高まると考えられた。そこで、定植期の苗の大きさがこの値(出葉数4.3枚、葉鞘径6.9 mm)に最も近い、試験3の秋冬期20℃+冬春期20℃区(定植期の苗の大きさ、出葉数4.3枚、葉鞘径6.8 mm)の生育経過を、セルトレー育苗において抽苔を抑制する観点から、育苗時の苗の生育指標の上限とした。

以上のことから、今回提示した苗の生育指標、特に花芽分化の指標となる出葉数と葉鞘径と照らし合わせながら、提示したビニルハウスの温度管理を行うことで、抽苔の発生を抑制し、収量が300 kg・a<sup>-1</sup>以上で7月中旬から収穫できるセルトレー育苗による7月どり

栽培がさらに安定すると考えられた.

第3-2-1表 試験実施年の育苗時と定植後の気象経過

試験名	試験年	平均気温 <sup>z</sup>				平均日照時間 <sup>z</sup>			
		育苗時		定植後 <sup>v</sup>		育苗時		定植後	
		秋冬期 <sup>y</sup>	厳冬期 <sup>x</sup>	冬春期 <sup>w</sup>		秋冬期	厳冬期	冬春期	
(°C)				(時間/日)					
試験1	2009～2010年	6.8	-0.9	2.6	16.4	2.8	0.9	3.5	4.9
試験2	2010～2011年	6.5	-1.4	1.7	16.4	2.3	1.4	3.6	4.9
試験3	2011～2012年	7.1	-2.1	1.8	16.5	2.5	1.1	3.2	5.8
平年		5.9	-0.7	3.1	16.1	2.4	1.3	3.7	5.4

<sup>z</sup>秋田県大正寺のアメダスデータを用いた

<sup>y</sup>各試験実施年とも10月20日～12月15日

<sup>x</sup>各試験実施年とも12月16日～2月20日

<sup>w</sup>各試験実施年とも2月21日～4月15日

<sup>v</sup>各試験実施年とも4月16日～7月20日

第3-2-2表 育苗時のハウス内の気温と地温の推移

試験名	試験年	試験区			平均気温 <sup>w</sup>			平均地温 <sup>v</sup>		
		秋冬期 <sup>z</sup> (厳冬期 <sup>y</sup> )	冬春期 <sup>x</sup>		秋冬期	厳冬期	冬春期	秋冬期	厳冬期	冬春期
		5°C	(5°C)	5°C	7.8	1.6	5.3	8.9	2.8	6.7
試験1	2009～2010年	12.5°C	(12.5°C)	12.5°C	9.1	2.4	7.0	9.6	2.8	7.3
		20°C	(20°C)	20°C	9.7	2.6	8.1	10.7	3.5	8.5
				12.5°C				6.5		
試験2	2010～2011年	15°C	(無換気)	20°C	7.8	2.5	7.5	- <sup>u</sup>	-	9.3
				27.5°C			9.5			10.4
		5°C		12.5°C	6.9		6.0	8.7		8.1
試験3	2011～2012年	12.5°C	(無換気)	20°C	7.7	1.8	7.5	9.4	4.1	9.1
		20°C		27.5°C	8.3		8.8	10.1		10.1

<sup>z</sup>試験1は10月27日～12月15日, 試験2は10月26日～12月15日, 試験3は11月4日～12月16日

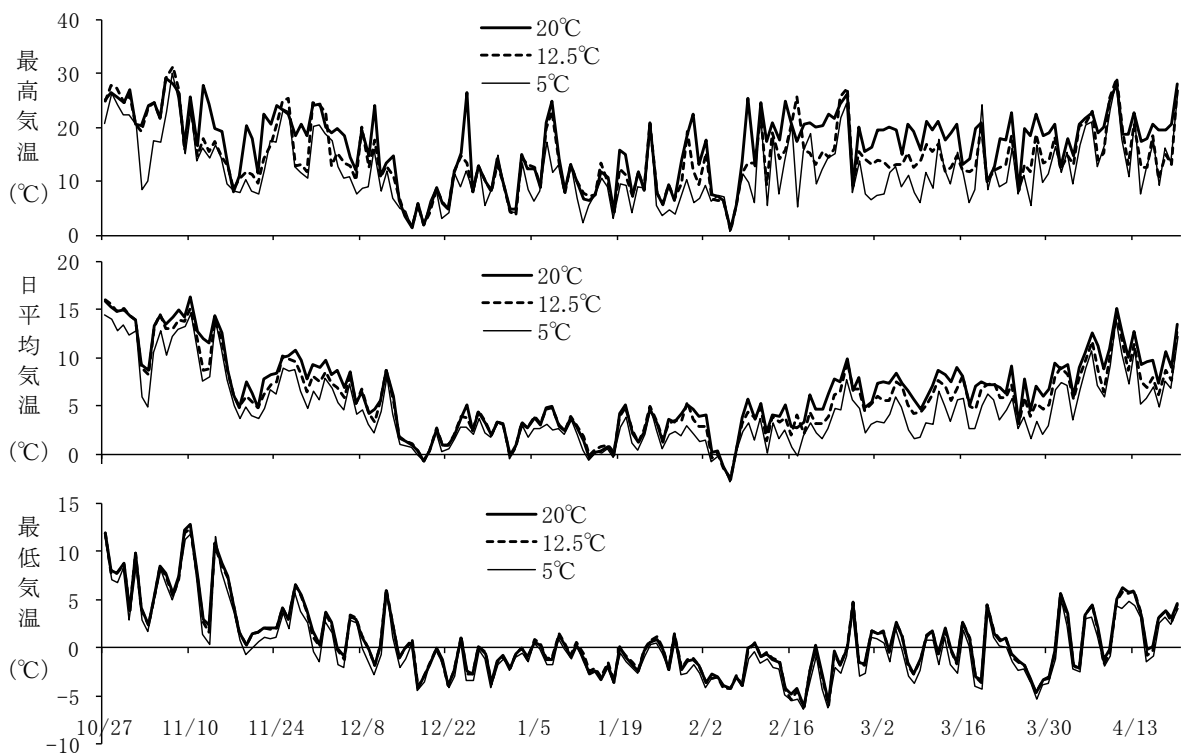
<sup>y</sup>試験1は12月16日～2月20日, 試験2は12月16日～2月21日, 試験3は12月17日～2月19日

<sup>x</sup>試験1は2月21日～4月20日, 試験2は2月22日～4月18日, 試験3は2月20日～4月17日

<sup>w</sup>ハウス中央部の地表から高さ150cmを測定

<sup>v</sup>ハウス中央部のセルトレーのセルの地下2cmを測定

<sup>u</sup>欠測



**第3-2-1 図** 育苗時におけるハウス内の最高気温，日平均気温および最低気温の推移（2009～2010年）  
 気温はハウス中央部の地表から150 cmを測定



第3-2-3表 育苗時の温度管理の違いが定植期の生育に  
に及ぼす影響 (2010年4月22日)

試験区	出葉数 (枚)	地上部重 (g/株)	葉鞘径 (mm)	草丈 (cm)
5°C	3.7 c <sup>z</sup>	7.1 c	7.0 c	32 b
12.5°C	4.3 b	9.5 b	7.7 b	36 b
20°C	4.6 a	16.4 a	8.3 a	52 a

<sup>z</sup>異なる英文字間には5%水準で有意差あり(Tukey法, n=3)



第3-2-2図 定植期の生育 (2010年4月22日)



第3-2-3図 5°C区における凍害 (2010年2月6日)

第3-2-4表 育苗時の温度管理の違いが収穫期の生育と収量に及ぼす影響  
(2010年7月14日)

試験区	抽苔率 <sup>z</sup> (%)	出葉数 (枚)	調製前			調製後 <sup>y</sup>		規格別比率 <sup>x</sup>			
			地上部重 (g/株)	葉鞘径 (mm)	草丈 (cm)	地上部重 (g/株)	収量 (kg・a <sup>-1</sup> )	2L	L	M	S
5°C	0.4	11.7 b <sup>w</sup>	263 b	21.2 a	91 a	174 a	347 a	42	56	2	0
12.5°C	9.2	12.2 ab	276 ab	21.3 a	92 a	185 a	336 a	57	39	4	0
20°C	5.0	12.8 a	305 a	22.2 a	93 a	205 a	390 a	84	16	0	0

<sup>z</sup>2010年6月9～29日の調査結果

<sup>y</sup>葉数2.5～3.5枚, 長さ60cmに調製

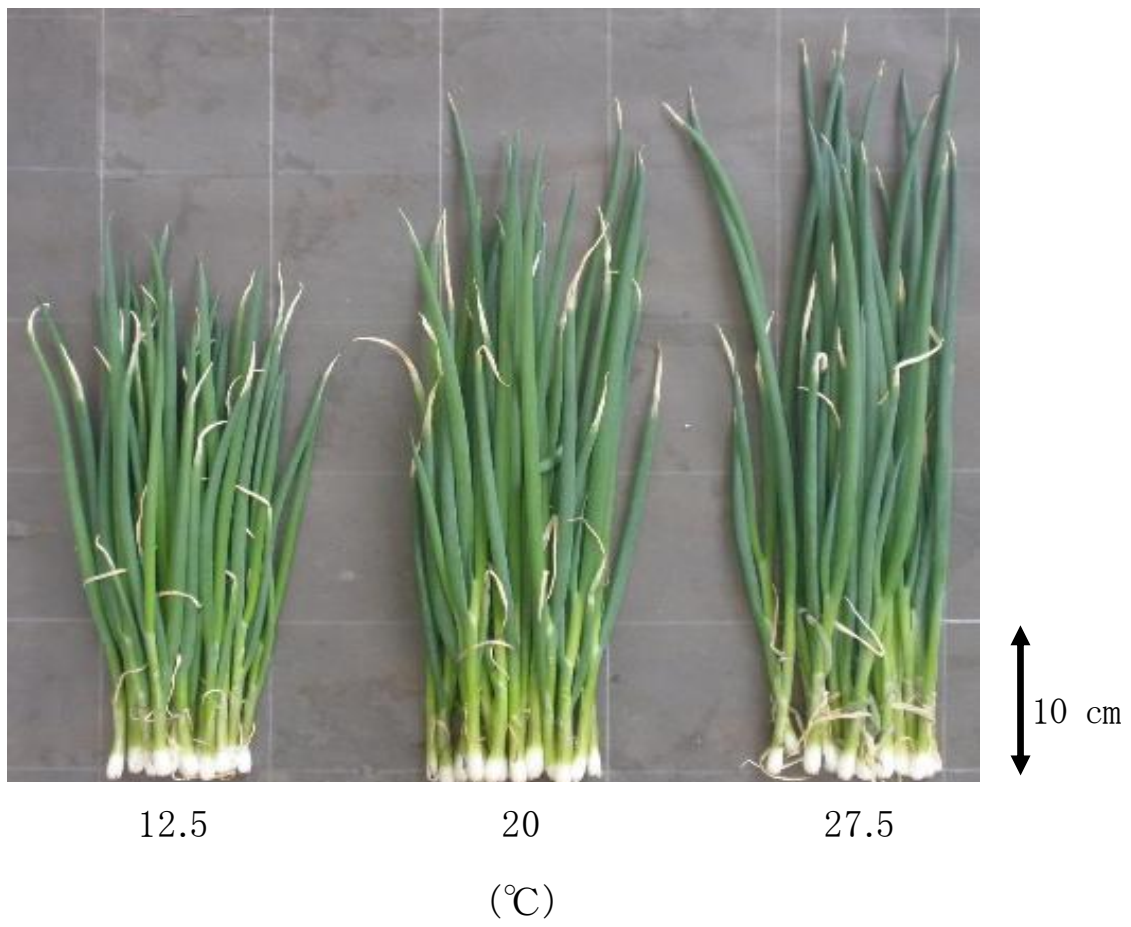
<sup>x</sup>2L, L, M, Sは, それぞれ調製後の地上部重180g以上, 120g以上180g未満, 80g以上120g未満, 80g未満

<sup>w</sup>異なる英文字間には5%水準で有意差あり(Tukey法, n=3)

第3-2-5表 育苗時における冬春期の温度管理の違いが定植期の生育に及ぼす影響 (2011年4月19日)

試験区	出葉数 (枚)	地上部重 (g/株)	葉鞘径 (mm)	草丈 (cm)
12.5°C	4.0 c <sup>z</sup>	7.2 b	6.6 a	34 c
20°C	4.2 b	8.7 ab	7.0 a	38 b
27.5°C	4.5 a	9.2 a	6.6 a	44 a

<sup>z</sup>異なる英文字間には5%水準で有意差あり(Tukey法, n=3)



第 3-2-4 図 定植期の生育 (2011 年 4 月 19 日)

第3-2-6表 育苗時における冬春期の温度管理の違いが収穫期の生育と収量に及ぼす影響 (2011年7月13日)

試験区	抽苔率 <sup>z</sup> (%)	出葉数 (枚)	調製前			調製後 <sup>y</sup>		規格別比率 <sup>x</sup>			
			地上部重 (g/株)	葉鞘径 (mm)	草丈 (cm)	地上部重 (g/株)	収量 (kg・a <sup>-1</sup> )	2L	L	M	S
12.5°C	0.4	12.4 b <sup>w</sup>	317 a	22.3 a	96 a	196 a	390 a	73	27	0	0
20°C	0.0	12.8 ab	319 a	22.4 a	97 a	203 a	406 a	85	15	0	0
27.5°C	0.0	13.0 a	310 a	21.9 a	97 a	202 a	404 a	80	20	0	0

<sup>z</sup>2011年5月26日～7月11日の調査結果

<sup>y</sup>葉数2.5～3.5枚, 長さ60cmに調製

<sup>x</sup>2L, L, M, Sは, それぞれ調製後の地上部重180g以上, 120g以上180g未満, 80g以上120g未満, 80g未満

<sup>w</sup>異なる英文字間には5%水準で有意差あり(Tukey法, n=3)

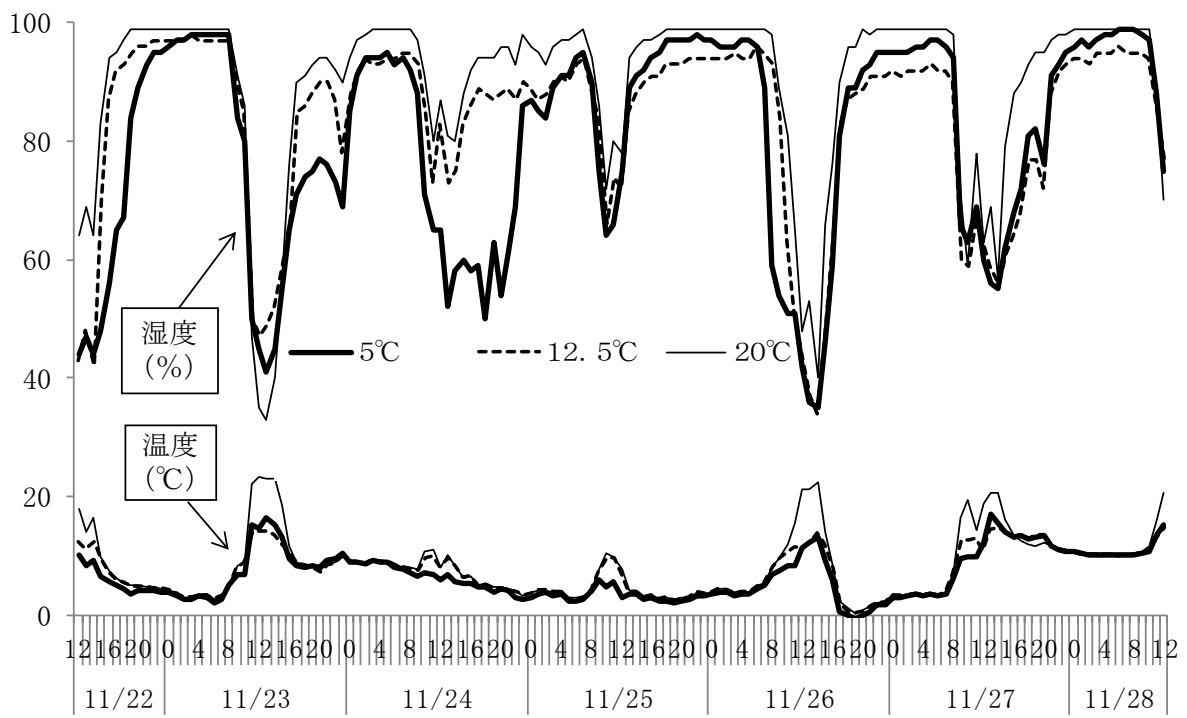
第3-2-7表 灰色カビ病の発生状況  
(2011年11月28日)

試験区	発生株率 <sup>z</sup> (%)
5°C	0.0 b <sup>y</sup>
12.5°C	0.2 b
20°C	1.3 a

<sup>z</sup>128 穴のセルトレーを10トレー調査

<sup>y</sup>異なる英文字間には1%水準で有意差あり  
(Tukey法, n=10)





第3-2-5図 灰色カビ病発生調査前の温度湿度の推移 (2011年)  
 温度と湿度はハウス中央部の地表から150 cmを測定

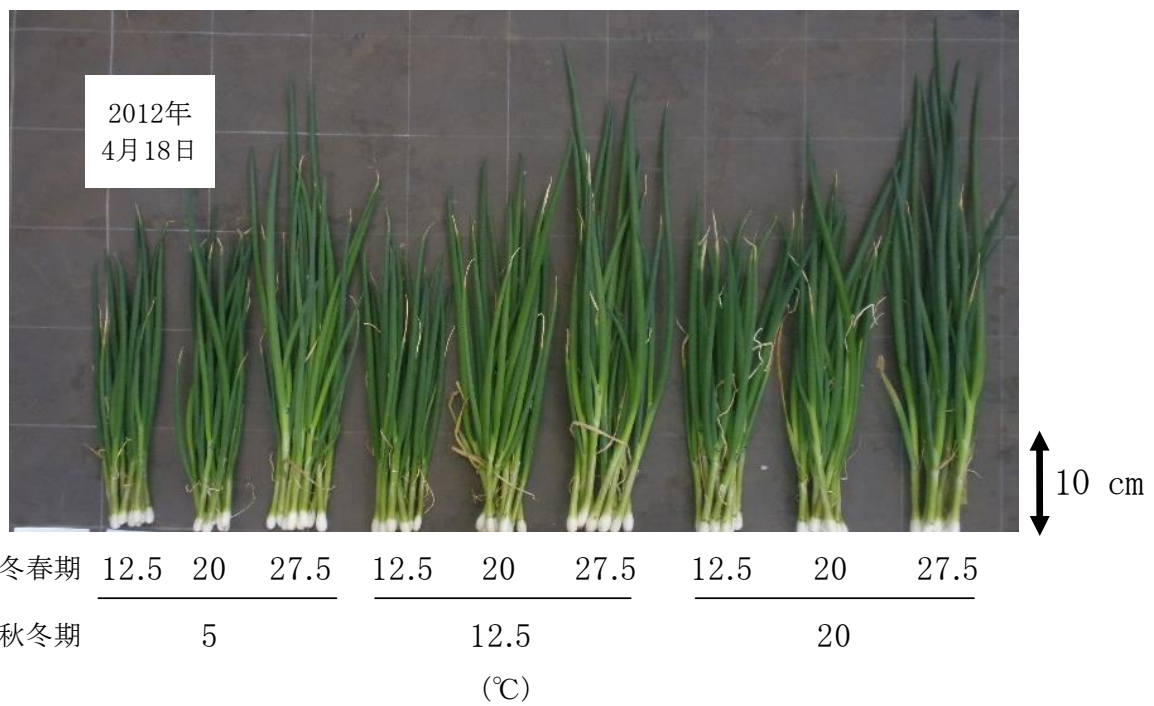
第3-2-8表 育苗時における秋冬期と冬春期の温度管理の違いが定植期の生育に及ぼす影響 (2012年4月18日)

試験区		出葉数	地上部重	葉鞘径	草丈
秋冬期	冬春期	(枚)	(g/株)	(mm)	(cm)
	12.5°C	3.7	5.3	6.0	30
5°C	20°C	3.8	6.1	6.1	32
	27.5°C	4.1	7.7	6.1	42
12.5°C	12.5°C	3.9	6.9	6.6	31
	20°C	4.2	8.6	6.6	36
	27.5°C	4.3	10.5	7.0	44
20°C	12.5°C	4.0	7.5	6.8	32
	20°C	4.3	9.0	6.8	37
	27.5°C	4.6	10.2	7.1	41
秋冬期(A)	5°C	3.8 c <sup>z</sup>	6.3 b	6.1 b	35 a
	12.5°C	4.1 b	8.7 a	6.7 a	37 a
	20°C	4.3 a	8.9 a	6.9 a	37 a
冬春期(B)	12.5°C	3.9 c	6.5 c	6.5 b	31 c
	20°C	4.1 b	7.9 b	6.5 ab	35 b
	27.5°C	4.3 a	9.5 a	6.7 a	43 a
秋冬期(A) <sup>y</sup>		**	**	**	ns
冬春期(B)		**	**	*	**
A×B		ns	ns	ns	ns

<sup>z</sup>異なる英文字間には5%水準で有意差あり(Tukey法, n=3)

<sup>y</sup>秋冬期(A)は秋冬期の温度管理の効果, 冬春期(B)は冬春期の温度管理の効果, A×Bは秋冬期と冬春期の温度管理の間における交互作用を示す

\*\*は1%, \*は5%水準で有意差あり, nsは有意差なしを示す(2元配置分散分析)



第3-2-6図 定植期の生育 (2012年4月18日)

第3-2-9表 育苗時における秋冬期と冬春期の温度管理の違いが収穫期の生育と収量に及ぼす影響 (2012年7月17日)

試験区		抽苔率 <sup>z</sup> (%)	出葉数 (枚)	調製前			調製後 <sup>y</sup>		規格別比率 <sup>x</sup>			
秋冬期	冬春期			地上部重 (g/株)	葉鞘径 (mm)	草丈 (cm)	地上部重 (g/株)	収量 (kg・a <sup>-1</sup> )	2L	L	M	S
	12.5°C	0.0	12.2	311	21.2	95	188	376	57	40	3	0
5°C	20°C	0.0	12.7	319	21.3	95	190	380	63	35	2	0
	27.5°C	0.0	12.8	313	21.2	93	185	370	63	34	3	0
	12.5°C	0.4	12.8	311	21.3	94	191	380	68	29	3	0
12.5°C	20°C	0.8	13.2	349	22.4	96	204	405	83	17	0	0
	27.5°C	0.8	13.2	323	21.6	94	189	375	68	30	2	0
	12.5°C	0.8	12.9	333	21.9	95	194	385	73	27	0	0
20°C	20°C	0.4	13.4	315	21.2	94	192	382	70	30	0	0
	27.5°C	0.0	13.4	323	21.6	94	196	392	73	27	0	0
秋冬期(A)	5°C	0.0 a <sup>w</sup>	12.6 a	314 a	21.2 a	94 a	188 a	376 a	61	36	3	0
	12.5°C	0.7 a	13.1 b	328 a	21.8 a	94 a	195 a	387 a	73	25	2	0
	20°C	0.4 a	13.2 b	323 a	21.6 a	94 a	194 a	386 a	72	28	0	0
冬春期(B)	12.5°C	0.4 a	12.6 a	318 a	21.5 a	94 a	191 a	380 a	66	32	2	0
	20°C	0.4 a	13.1 b	328 a	21.6 a	95 a	195 a	388 a	72	27	1	0
	27.5°C	0.3 a	13.1 b	320 a	21.6 a	94 a	190 a	379 a	68	30	2	0
秋冬期(A) <sup>v</sup>		ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	-			
冬春期(B)		ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	-			
A×B		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-			

<sup>z</sup>2012年5月24日～7月11日の調査結果

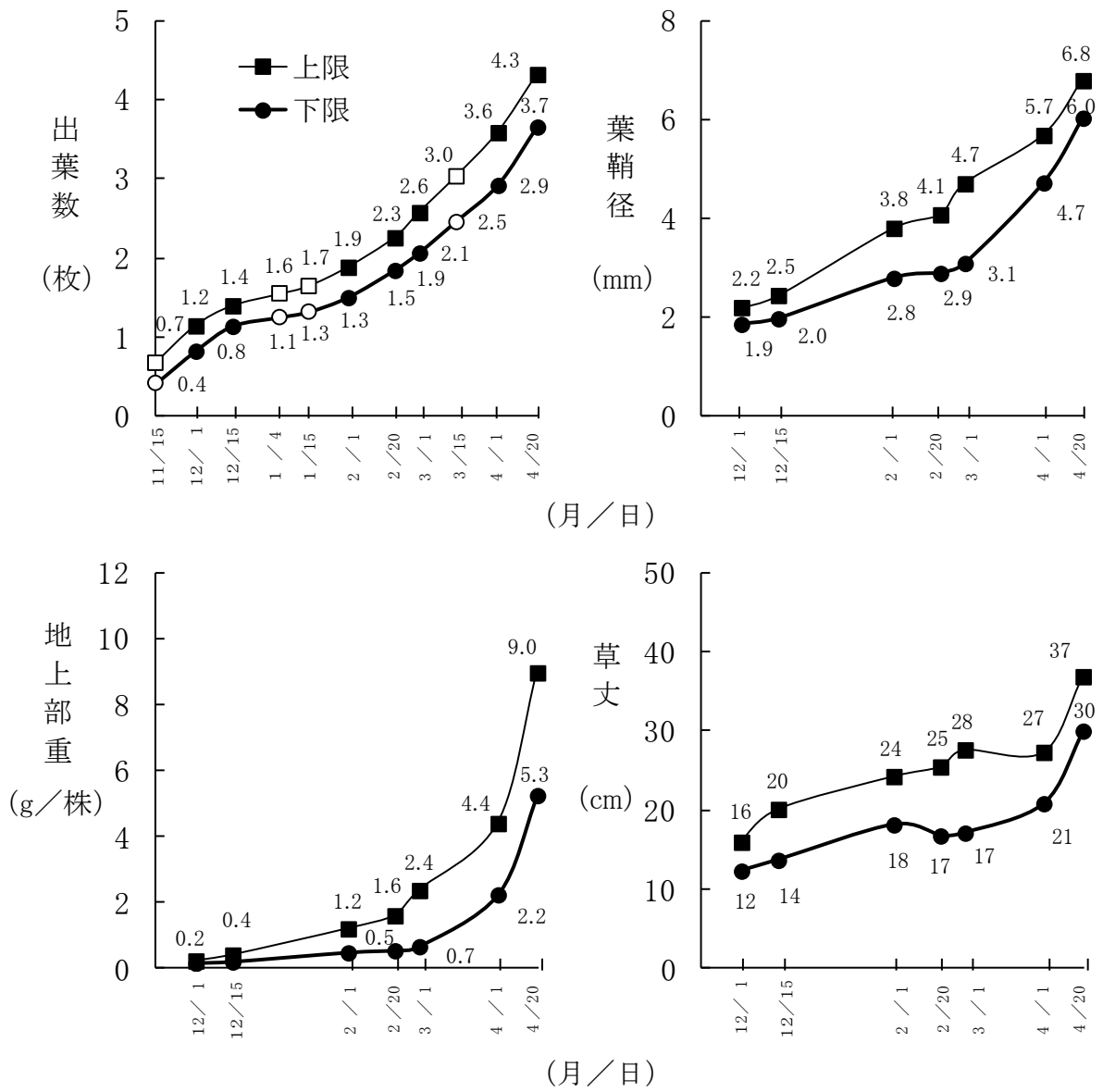
<sup>y</sup>葉数2.5～3.5枚,長さ60cmに調製

<sup>x</sup>2L, L, M, Sは,それぞれ調製後の地上部重180g以上,120g以上180g未満,80g以上120g未満,80g未満

<sup>w</sup>異なる英文字間には5%水準で有意差あり(Tukey法, n=3)

<sup>v</sup>秋冬期(A)は秋冬期の温度管理の効果,冬春期(B)は冬春期の温度管理の効果,A×Bは秋冬期と冬春期の温度管理の間における交互作用を示す

\*\*は1%,\*は5%水準で有意差あり,nsは有意差なしを示す(2元配置分散分析)



第3-2-7 図 セルトレー育苗による7月どり栽培における, 育苗時の苗の生育指標  
出葉数における白抜きは出葉数のみ調査

## 第二部 連結紙筒育苗による夏どり栽培の開発

## 第4章 夏どり栽培に向けた連結紙筒育苗条件の検討

### 第1節 夏どり栽培に向けた連結紙筒育苗条件の検討

#### 緒言

第1～3章では、無加温ビニルハウスを活用した、セルトレー育苗による夏どり栽培を新たに開発した。本栽培では、セルトレー育苗で生育を抑制する断根や剪葉を回避できたことに加えて、1穴当たり株数を2本から1本に減らすことで大苗の育成が可能となり、定植後の栽植密度も低下することによって、太く、重量の大きい規格のネギを7月に収穫することができた。現在のネギの栽培では、連結紙筒育苗（土屋，1999）を利用した育苗が主流である。連結紙筒の苗箱1枚当たりの穴数は、セルトレーの128穴に対して264穴と多い。しかし、セルトレー育苗による夏どり栽培と同様に、連結紙筒育苗での1穴当たり株数を通常の数から減らすことで、大苗の育苗と圃場での生育促進が期待できる。

そこで、本研究では、第1～3章で7月からの収穫を可能とした手法を、ネギの栽培で広く用いられている連結紙筒での育苗に応用し、7月どり栽培に向けた連結紙筒の育苗条件を検討した。最後に明らかにした育苗条件の苗で現地実証試験を行った。

## 材料および方法

### 1. 播種期と1穴当たり株数の違いが生育と収量に及ぼす影響（試験1）

本研究は秋田県農業試験場で実施した。供試圃場は、前年に緑肥（ソルガム）を栽培し、土壌タイプは表層多腐植質多湿黒ボク土である。供試品種は‘夏扇パワー’とした。播種は2010年10月18日、11月1日、2011年2月14日および3月7日に行った。播種前に、連結紙筒（チェーンポット CP303, (株) 日本甜菜製糖）を展開して設置した苗箱（30 cm×60 cm）に園芸用育苗培土（N : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : K<sub>2</sub>O = 600 : 7,000 : 150 mg・L<sup>-1</sup>）を充填し、連結紙筒の1穴当たり、10月18日は2粒、11月1日は2粒と3粒、2月14日と3月7日は3粒播種した。出芽までは0.02 mm厚の透明の有孔ポリエチレンフィルムで被覆し、出芽揃い期までは内部の気温が25℃以上、それ以降は15℃以上の時に換気を行った。ただし、2月14日播種については、出芽揃いまで電熱マット（農電園芸マット, 筑波電器(株)）を用いて20℃（連結紙筒の上面から地下2 cmの位置）に保ち、その後も、本葉1枚程度まで5℃以下にならないように加温した。出芽揃い期に、1穴当たり株数が10月18日では1本、11月1日では1本と2本、2月14日と3月7日は2本となるように間引いて、それぞれ1本区と2本区とした。なお、加温の必要な2月14日播種、1穴当たり株数2本の組み合わせが、8月中～下旬の収穫に向けた、秋田県における慣行の8月どり作型である。追肥は液肥（N : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : K<sub>2</sub>O = 10 : 4 : 8）を50倍に希釈し、10月18日播種は3回、11月1日播種は2回、苗箱1枚当たり500 mL施用した。2月14日播種と3月7日播種には追肥をしなかった。4月18日に畝間100 cm、溝の深さ15 cm・溝底の幅25 cmの植え溝に、簡易移植器（ひっぱりくん, (株) 日本甜菜製糖）を用いて5 cm間隔で連結している紙筒を伸ばしながら深さ5 cmで定植した。その結果、本圃での栽植密度は、1本区で20株・m<sup>2</sup>、2本区で40株・m<sup>2</sup>であった。施肥は化成肥料を用い、基肥をN : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : K<sub>2</sub>O = 1.4 : 1.9 : 1.4 kg・a<sup>-1</sup>、追肥を合計でN : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : K<sub>2</sub>O = 1.9 : 0.5 : 1.9 kg・a<sup>-1</sup>施用した。各処理区の面積を7.2 m<sup>2</sup>とし2反復で実施した。

4月19日に、定植期の生育として、出葉数、地上部重、葉鞘径および草丈を各処理区から10個体ずつ採取して調査した。11月1日播種区については、定植後の出葉数がわかるように連続した10個体について、新たに展開した葉身に出葉数を定期的に記入した。そして、定植後の生育として、5月19日、6月15日に出葉数を調査し、それとは別に、連続した10個体を採取し、地上部重と草丈を計測した。収量調査は、7月26日、8月17日および9月15日に収穫期に達した処理区で行った。各処理区の1 mの範囲でネギを採取し、地上部重と草丈を調査した。その後、葉数を2.5～3.5枚、茎盤からの長さを60 cmに調製し、調製後の地上部重を計測した。収量と規格別比率は、全農秋田の青果物標準出荷基準に従い、調製後の地上部重から算出した。

### 2. 連結紙筒育苗による7月どり栽培の現地での実証試験（試験2）

本研究では、連結紙筒による7月どり栽培の現地実証試験を、秋田県能代市常盤で実施



した。供試圃場の土壌タイプは褐色低地土である。品種は‘夏扇パワー’とし、JA あきた白神、育苗センターで育苗した。1年目は2013年10月20日、2年目は2014年10月20日に、連結紙筒（チェーンポット CP303, (株) 日本甜菜製糖）に育苗培土（ $N : P_2O_5 : K_2O = 600 : 2,000 : 150 \text{ mg} \cdot L^{-1}$ 、ニッテン葱培土, (株) 日本甜菜製糖）を充填し、1穴当たりに1粒播種し、越冬苗区とした。対照として、慣行苗区を設定し、1年目は2014年2月10日、2年目は2015年2月12日に、連結紙筒に2粒播種した。越冬苗は無加温育苗、慣行苗は加温育苗で行った。1年目は2014年4月13日、2年目は2015年4月9日に、褐色低地土の圃場に、畝間90 cm、溝の深さ15 cm・溝底の幅25 cmの植え溝に、簡易移植器（ひっぱりくん, (株) 日本甜菜製糖）を用いて、5 cm間隔で連結している紙筒を伸ばしながら、深さ5 cmで定植した。その結果、本圃での栽植密度は、越冬苗区で22株・ $m^2$ 、慣行苗区で44株・ $m^2$ であった。施肥は化成肥料（緩効性被覆尿素配合、パワフルネギ 599, 太平物産 (株)）を用い、植え溝底に、全量を基肥として2014年は $N : P_2O_5 : K_2O = 3.0 : 1.1 : 1.1 \text{ kg} \cdot a^{-1}$ 、2015年は $N : P_2O_5 : K_2O = 2.5 : 0.9 : 0.9 \text{ kg} \cdot a^{-1}$ 施用した。越冬苗区の実証面積は、2014年は5,000  $m^2$ 、2015年は2,000  $m^2$ とした。

2014年は4月13日に、2015年は4月10日に、定植期の生育として、生葉数、地上部重、葉鞘径および草丈を、各処理区から10個体ずつ採取して調査した。合わせて2014年は、本葉の出葉数と根数を調査した。定植後の生育として、5月21日、6月19日に、各処理区の3か所から連続した10個体を採取し、生葉数、地上部重、葉鞘径および草丈を計測した。収量調査は、2014年は7月25日、2015年は7月21日に行い、各処理区の3か所から1 mの範囲でネギを採取し、生葉数、地上部重、葉鞘径および草丈を計測した。その後、葉数を2.5~3.5枚、莖盤からの長さを60 cmに調製し、調製後の地上部重と軟白長を測定した。収量と規格別比率は、全農秋田の青果物標準出荷基準に従い、調製後の地上部重から算出した。

## 結 果

### 1. 播種期と1穴当たり株数の違いが生育と収量に及ぼす影響（試験1）

#### 1) 定植期の苗の生育

無加温で越冬育苗した10月18日播種区、11月1日播種区とも凍害などの障害がみられず、問題なく育苗できた（第4-1-1表、第4-1-1図）。10月18日播種区と11月1日播種区は、慣行育苗の2月14日播種区より出葉数が進み、苗が大きかった。10月18日播種区と2月14日播種区の定植の苗の大きさを比較すると、10月18日播種区の出葉数は3.9枚と2月14日播種区の1.7枚より2.2枚多く、10月18日播種区の地上部重は2.9gと2月14日播種区の0.7gより2.2g重かった。また、11月1日播種の1本区と2本区を比較すると、出葉数は1本区が3.3枚と2本区の3.1枚より0.2枚多く、地上部重は1本区の2.6gと2本区の1.5gより1.1g重く、葉鞘径は1本区が4.4mmと2本区の3.3mmより1.1mm太かった。

#### 2) 定植後の生育と収量

定植後の出葉数の増加は、5月19日までは、やや小さかったが、その後は、停滞なく増加した（第4-1-2図）。地上部重の増加は、6月15日まで小さかったが、それ以降、急激に増加した。草丈の伸長は、5月19日まで停滞したが、その後は、停滞なく伸長した。また、1本区と2本区の生育を比較すると、草丈では、1本区と2本区は同等に推移したが、出葉数と地上部重では、生育が進むにつれ、1本区と2本区の差が広がり、7月26日では、1本区の出葉数は13.1枚と2本区の11.9枚より1.2枚多く、1本区の地上部重は313gと2本区の216gの145%であった。

7月26日の地上部重は10月18日播種+1本区が314g、11月1日播種+1本区が313gと同程度に最も重く、次いで11月1日播種+2本区が216g、2月14日播種+2本区が177g、3月7日播種+2本区が153gと最も軽かった（第4-1-2表）。草丈は、播種期が早い区ほど長い傾向が認められたが、最も長い10月18日播種+1本区が94cmに対して、最も短い3月7日播種+2本区が88cmとその差は6cm程度と小さかった。7月26日に収穫が可能であったのは、肥大が優れていた10月18日播種+1本区と11月1日播種+1本区であった。10月18日播種+1本区の調製後の地上部重は188gと11月1日播種+1本区の178gより重く、収量も10月18日播種+1本区が $347 \text{ kg} \cdot \text{a}^{-1}$ と11月1日播種+1本区の $312 \text{ kg} \cdot \text{a}^{-1}$ より高い傾向であった。また、最も大きい規格の2Lの割合は10月18日播種+1本区が65%と11月1日播種+1本区の46%より高かった。8月17日には、11月1日播種+2本区、2月14日播種+2本区および3月7日播種+2本区で収穫が可能であった。調製後の地上部重は11月1日播種+2本区が158gと最も重く、2月14日播種+2本区が135g、3月7日播種+2本区が129gと小さかった。収量も11月1日播種+2本区が $600 \text{ kg} \cdot \text{a}^{-1}$ と最も高く、2月14日播種+2本区が $512 \text{ kg} \cdot \text{a}^{-1}$ 、3月7日播種+2本

区が  $476 \text{ kg} \cdot \text{a}^{-1}$  と低かった。

## 2. 連結紙筒育苗による7月どり栽培の現地での実証試験（試験2）

### 1) 定植期の苗の生育

2014年の定植期における越冬苗区の出葉数は4.3枚と慣行苗区の1.8枚より2.5枚多く、地上部重は3.0gと慣行苗区の0.5gより6.0倍重かった。また、葉鞘径は5.0mmと慣行苗区の2.5mmより2.0倍太く、根数は27.3本と慣行苗区の10.5本より2.6倍多かった（第4-1-3表，第4-1-3図，第4-1-4図）。2015年の越冬苗区の苗の生育は2014年の越冬苗区と同等であった。

### 2) 定植後の生育と収量

定植後の生葉数、葉鞘径および草丈は5月21日～6月19日までの増加が大きかったが、6月19日～7月下旬までの増加はやや緩慢であった（第4-1-5図，第4-1-6図）。一方、地上部重は5月21日～6月19日の増加量より6月19日～7月下旬の増加量が大きかった。越冬苗区の生葉数、地上部重および葉鞘径は、慣行苗区より大きく推移し、生育が進むにつれ、その差が大きくなる傾向が認められた。2014年と2015年の地上部重、葉鞘径および草丈を比較すると、6月19日までは2014年、2015年とも同等に推移したが、7月下旬の地上部重、葉鞘径および草丈は、2014年の方が2015年より大きかった。7月下旬の地上部重で比較すると、2015年の越冬苗区300gと2014年の越冬苗区の369gの81%であり、2015年の慣行苗区が140gと2014年の慣行苗区の230gの61%であった。

定植後～収穫まで（4月2半旬～7月5半旬）の平均気温は、2014年が $16.9^{\circ}\text{C}$ 、2015年が $16.9^{\circ}\text{C}$ と同等で、2014年、2015年とも平年の $15.8^{\circ}\text{C}$ より高かった（第4-1-7図）。定植後～収穫までの間の降水量は、半旬の平均で、2014年が21.8mmと平年の19.0mmより多かったが、2015年は12.3mmと平年より少なかった。特に、2015年の6月1半旬～7月4半旬の間の降水量は少なく、半旬の平均で5.9mmと、平年の20.9mmの28.2%で、2014年の36.8mmの16.0%であった。

2014年の7月25日では、越冬苗区の地上部重が214g、収量が $449 \text{ kg} \cdot \text{a}^{-1}$ 、2L規格の割合が93%で、M規格はなかった（第4-1-4表）。一方、慣行苗区の地上部重は125g、収量が $499 \text{ kg} \cdot \text{a}^{-1}$ 、2L規格の割合が3%でM規格の割合が40%であった。2015年は2014年より4日早い7月21日に収穫調査を行った（第4-1-8図）。越冬苗区の地上部重は176gと2014年の越冬苗区より軽かったが、収量が $369 \text{ kg} \cdot \text{a}^{-1}$ と目標の $300 \text{ kg} \cdot \text{a}^{-1}$ を上回った。一方、慣行苗区は肥大が不良であったことから収穫には至らなかった。

## 考 察

### 1. 無加温ビニルハウスを活用した連結紙筒育苗による夏どり栽培

秋田県では、1995年頃から連結紙筒育苗と簡易移植器を組み合わせた体系が導入され、現在では、この育苗・移植体系が主流となっている（秋田県農林水産部，2007）。本研究では、第1～3章で開発された手法を連結紙筒育苗に応用し、無加温ビニルハウスを活用した、7月どり栽培に向けた連結紙筒の育苗条件を検討した。

連結紙筒による10月18日播種+1本区の定植期の生育は、地上部重が2.9g、葉鞘径が4.6mmおよび草丈が25cmであった。この苗の大きさは、第1章で、セルトレー育苗で実用性が高いと判断した、品種‘夏扇パワー’を10月15日に播種し、128穴セルトレーの1穴当たり株数を1本の組み合わせで育苗した苗の地上部重13.5g、葉鞘径8.1mmおよび草丈44cmと比較して小さかった。連結紙筒の植え穴数は264個と、128穴セルトレーより栽植密度が高いことから、連結紙筒育苗の方が、生育の抑制の程度が大きく、苗が小さかったと考えられた。また、第1章では、セルトレーで育苗した苗の実用性を考える上で、育苗中の倒伏防止のために行う剪葉処理がネギの生育を抑制するとともに、作業労力の増大につながることから、剪葉を回避することの重要性を指摘した。本研究では、栽植密度の高い連結紙筒においても、10月18日播種+1本区、並びに11月1日播種+1本区と2本区は、剪葉が不要であり、実用性の高い育苗が可能であった。

10月18日播種+1本区は、セルトレー育苗による夏（7月中旬）どり栽培の収穫時期より10日程度遅れるが、7月26日には収穫できたことから、慣行の8月どり作型より20日程度、収穫期を前進化することが可能であると考えられた。11月1日播種+1本区と2本区の結果で示されるとおり、定植後の株間が5cmの1本区では、株間が2.5cmの2本区より、ネギの肥大が顕著に促進され、圃場での生育は定植後の栽植密度の影響を強く受けた。従って、10月18日播種+1本区では、定植時の苗がセルトレー育苗より小さかったものの、定植後の株間が5cmとセルトレー育苗と同程度の栽植密度であったことから、定植後の肥大が促進され、7月26日の早期収穫につながったと考えられた。また、2か年にわたる現地試験でも、越冬苗区（10月下旬播種+1穴当たり株数1本）で、7月どりが実証された。以上のことから、10月中旬に播種し、1穴当たり株数を1本で育苗した苗を4月中旬に定植すると、連結紙筒育苗で7月下旬からの収穫が可能であることが明らかとなった。

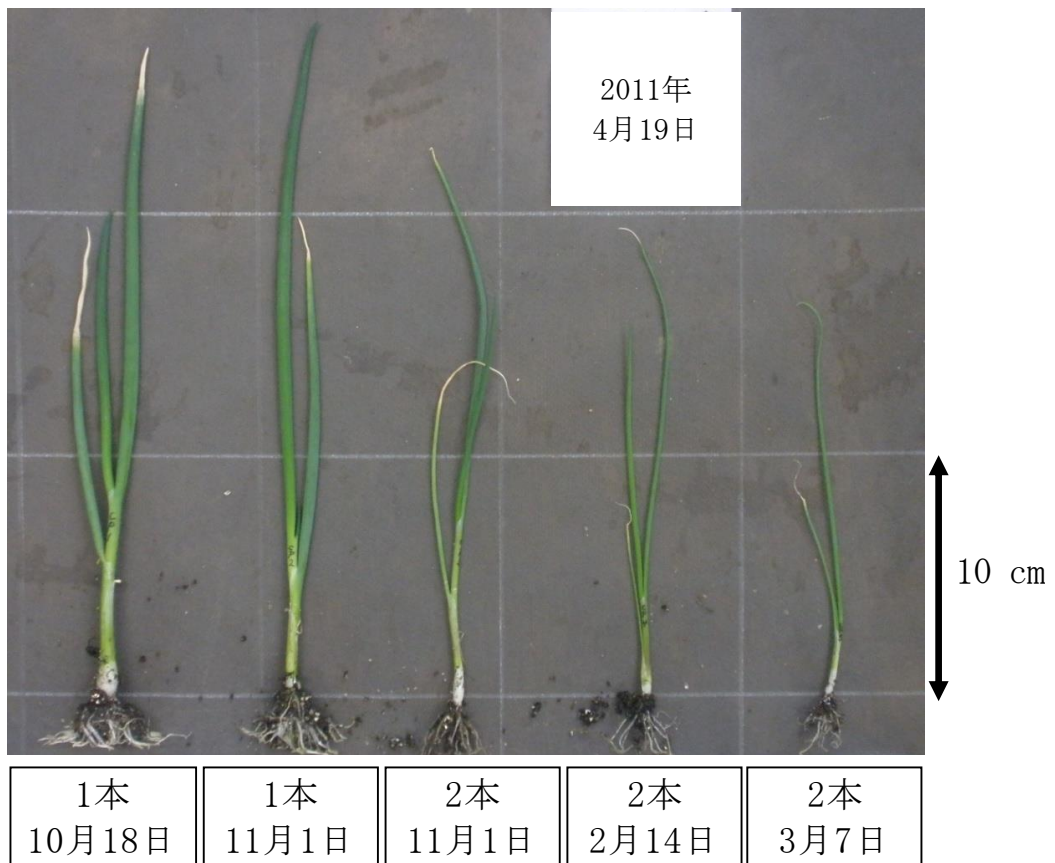
2014年と2015年に実施した現地実証試験において、両年とも6月19日までの生育は同等であったが、2015年は2014年と比較して収穫時の地上部重が軽く、収量が低かった。定植後から収穫までの平均気温は2014年と2015年とも16.9℃と同等であった。また、日照時間は、生育量の小さかった2015年が半旬の平均で34.0hと、生育量の大きかった2014年の32.9hよりやや長かった。一方、降水量は、2015年が半旬の平均で12.3mmと2014年の21.8mmの56.4%だった。従って、2014年と2015年の収穫時に地上部重などの生育に差がみられた原因として、降水量の違いが考えられた。特に、6月1半旬～7月4半旬の間の降水量は、2015年が半旬の平均で5.9mmと、2014年の36.8mmのわ

ずか 16.0%であった。また、7月下旬の越冬苗区（1穴当たり株数1本）と慣行苗区（1穴当たり株数2本）の1株当たりの地上部重を比較すると、越冬苗区では2015年の地上部重は300gと2014年の369gの81%であるのに対し、慣行苗区では2015年の地上部重は140gと2014年の230gの61%であり、慣行苗区の方が、越冬苗区より地上部重の減少率が大きく、降水量の影響を強く受けた結果となった。ネギの圃場での肥大が不足すると、出荷に必要な軟白長を確保するために行う土寄せ作業の時期が遅れ（武田, 2014）、その結果、慣行育苗による作型では目標とする8月に収穫できない事例が生産現場で散見される。本研究の結果から、越冬苗区が、慣行苗区より、降水量の不足による地上部重の減少の影響を受けにくいことから、越冬育苗による栽培法は、夏期の肥大不足に伴う収穫期の遅れにも対応できることが考えられた。これまで、栽植密度と土壤水分を組み合わせるネギの生育に及ぼす影響を検討した報告はみあたらないことから、この点については、今後、さらに検討する必要があると考えられる。

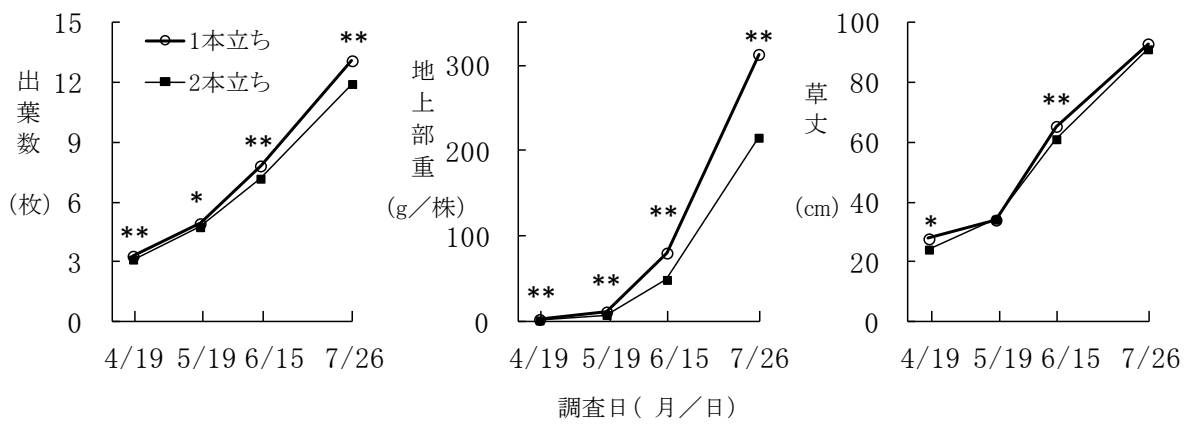
第4-1-1表 播種期と1穴当たり株数の違いが定植期の生育に及ぼす影響 (2011年4月19日)

試験区	出葉数	地上部重	葉鞘径	草丈	
播種日	1穴当たり株数	(枚)	(g/株)	(mm)	(cm)
10月18日	1	3.9 a <sup>z</sup>	2.9 a	4.6 a	25 ab
11月1日	1	3.3 b	2.6 a	4.4 a	28 a
	2	3.1 c	1.5 b	3.3 b	24 bc
2月14日	2	1.7 d	0.7 c	2.5 c	22 c
3月7日	2	1.2 e	0.3 c	2.0 d	19 d

<sup>z</sup>異なる英文字間には5%水準で有意差あり(Tukey法, n=10)



第 4-1-1 図 定植期の生育 (2011 年 4 月 19 日)



第 4-1-2 図 1 穴当たり株数の違いが定植後の生育に及ぼす影響  
 (2011 年, 11 月 1 日播種区)  
 調査日ごとに\*\*は 1%水準, \*は 5%水準で有意差あり  
 (t 検定, n=20)



第4-1-2表 播種期と1穴当たり株数の違いが収穫期の生育と収量に及ぼす影響  
(2011年)

調査日	試験区		調製前		調製後 <sup>z</sup>		規格別比率 <sup>y</sup>				
	播種日	1穴当たり株数	地上部重 (g/株)	草丈 (cm)	地上部重 (g/株)	収量 (kg・a <sup>-1</sup> )	2L	L	M	S	外
7月26日	10月18日	1	314 a <sup>x</sup>	94 a	188 a	347	65	35	0	0	0
	11月1日	1	313 a	93 a	178 a	312	46	49	0	0	5
		2	216 b	91 ab	-	-	-	-	-	-	-
	2月14日	2	177 c	90 b	-	-	-	-	-	-	-
	3月7日	2	153 c	88 b	-	-	-	-	-	-	-
8月17日	11月1日	2	261 a	92 a	158 a	600	18	74	8	0	0
	2月14日	2	216 b	88 b	135 b	512	3	76	18	3	0
	3月7日	2	202 b	88 b	129 b	476	3	61	26	8	2
9月15日	3月7日	2	269	92	160	591	8	89	3	0	0

<sup>z</sup>葉数 2.5~3.5 枚, 長さ 60 cm に調製

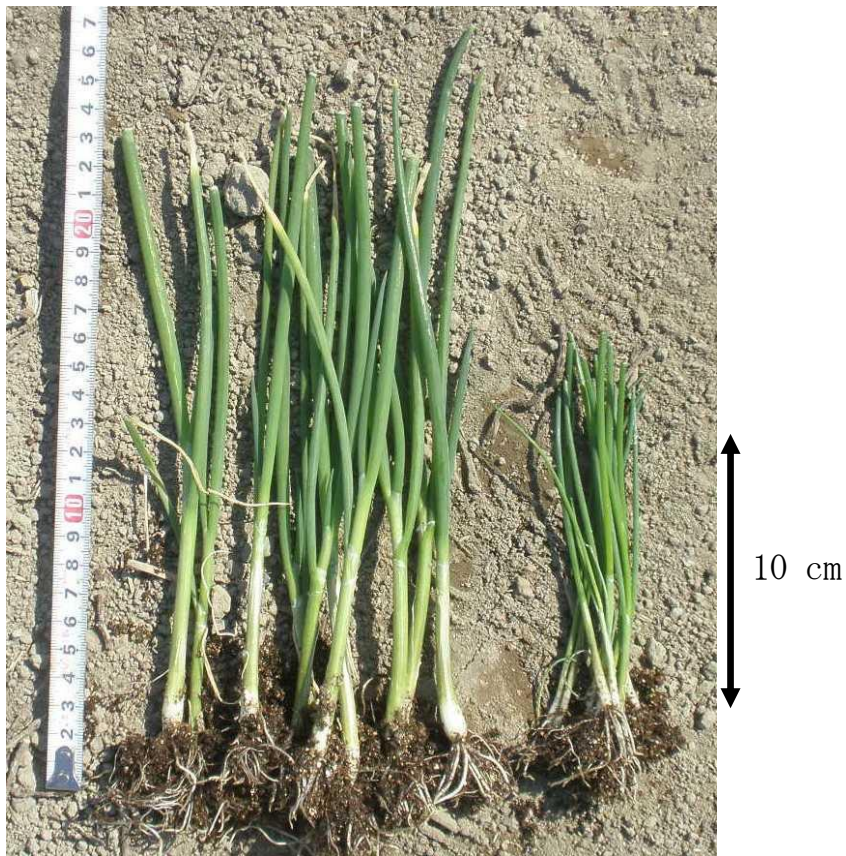
<sup>y</sup>2L, L, M, Sは, それぞれ調製後の地上部重180 g以上, 120 g以上180 g未満, 80 g以上120 g未満, 80 g未満, 外は規格外

<sup>x</sup>調査日ごとの異なる英文字間には5%水準で有意差あり(Tukey法)

第4-1-3表 連結紙筒育苗による7月どり栽培の現地での実証試験における定植期の生育

試験年	調査日	試験区	出葉数 (枚)	生葉数 (枚)	地上部重 (g/株)	葉鞘径 (mm)	草丈 (cm)	根数 (本)
2014	4月13日	越冬苗	4.3	2.3	3.0	5.0	23	27.3
		慣行苗	1.8	1.8	0.5	2.5	14	10.5
t検定 <sup>z</sup>			**	**	**	**	**	**
2015	4月10日	越冬苗	-	2.1	3.2	5.0	23	-
		慣行苗	-	1.3	0.4	2.2	17	-
t検定			-	**	**	**	**	-

<sup>z</sup>\*\*は1%水準で有意差あり(n=10)



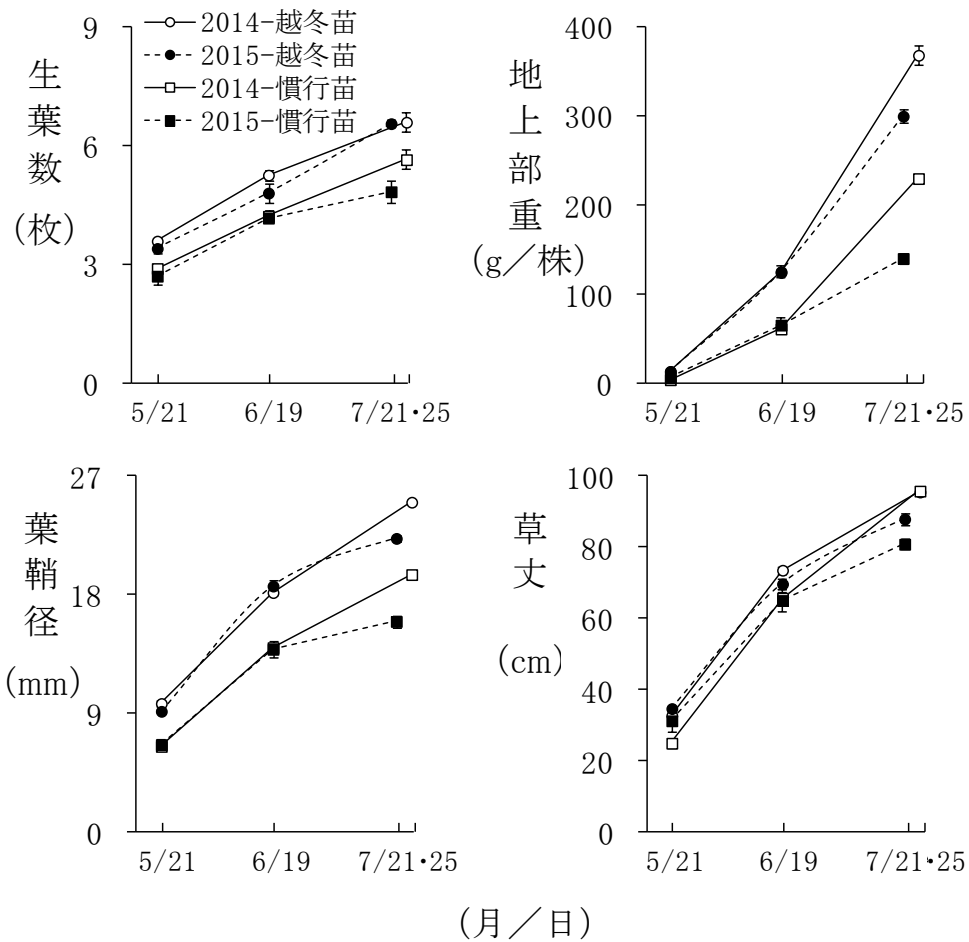
越冬苗

慣行苗

第 4-1-3 図 定植期の生育 (2014 年 4 月 13 日)



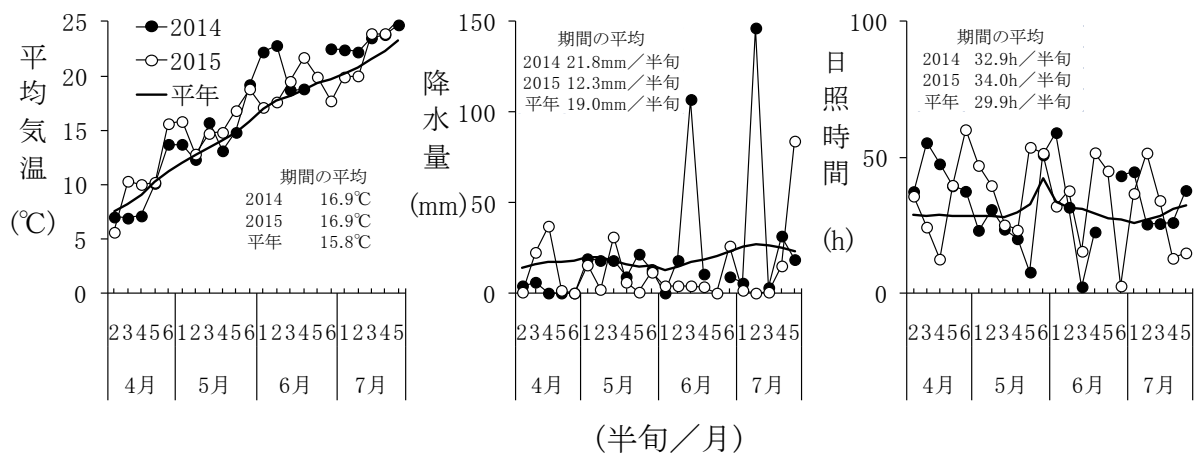
第4-1-4 図 現地実証圃における定植作業（2014年4月13日）



第4-1-5図 連結紙筒育苗による7月どり栽培の現地での実証試験における定植後の生育経過  
 図中のエラーバーは標準誤差を示す 2014 年の最終調査日は7月25日



第 4-1-6 図 定植後の生育(2014年5月21日)



第 4-1-7 図 現地での実証試験における定植後の気象経過  
 秋田県能代のアメダスデータを用いた，平均気温は半旬ごとの平均，  
 降水量と日照時間は半旬ごとの累計を示す  
 2014 年の 6 月 5 半旬は欠測

第4-1-4表 連結紙筒育苗による7月どり栽培の現地での実証試験における  
収穫期の生育と収量

試験年	調査日	試験区	1m当たり 収穫本数 (本)	調製後 <sup>z</sup>		収量 (kg・a <sup>-1</sup> )	規格別比率 <sup>y</sup> (%)		
				軟白長 (cm)	地上部重 (g/株)		2L	L	M
2014	7月25日	越冬苗	18.9	26	214	449	93	7	0
		慣行苗	35.9	26	125	499	3	57	40
t検定 <sup>x</sup>				ns	**	*	-	-	-
2015	7月21日	越冬苗	18.9	25	176	369	33	67	0
		慣行苗	36.9	19	-	-	-	-	-
t検定				**	-	-	-	-	-

<sup>z</sup>葉数2.5~3.5枚, 長さ60cmに調製

<sup>y</sup>2L, L, Mは, それぞれ調製後の地上部重180g以上, 120g以上180g未満, 80g以上120g未満

<sup>x</sup>\*\*は1%, \*は5%水準で有意差あり, nsは有意差なし(n=3)





第 4-1-8 図 現地実証圃の収穫期の生育 (2015 年 7 月 21 日)

## 第2節 連結紙筒の1穴当たり株数と定植後の窒素施肥量が生育、相対照度、 窒素吸収量および収量に及ぼす影響

### 緒言

寒冷地である秋田県の慣行の8月どり作型は、2月上旬に連結紙筒（土屋，1999）に1穴当たり2粒播種し、ビニルハウスで加温育苗後、4月中旬に定植し、8月中～下旬から収穫する。しかし、この栽培では、播種後から3月上旬には加温が必要であり、加温設備の整ったハウスを持たない共同育苗施設や生産者は取り組むことができない問題点がある。また、一般的に8月に収穫する作型では、7～8月が高温となり、ネギの生育適温とされる15～20℃（Brewster, 2008；高樹，1996）を上回ることから、葉鞘部の肥大が不良となる（野沢・西澤，2001；山崎，2014a）。秋田県でも、主要なネギの産地であるJAあきた白神の平成20～25年の販売実績で、8月と12月で規格別の割合を比較すると、葉鞘径が太く、重量の大きい2L規格は、12月が26%に対して、8月では10%と低く、逆に、葉鞘径が細く、重量の小さいM規格は、12月が14%に対して、8月では20%と高い。加えて、出荷に必要な軟白長を確保するために行う土寄せ作業は、葉鞘部の肥大の程度に応じて行うことから（武田，2014）、ネギの生育が遅延する場合、土寄せ作業の時期が遅れ、その結果、目標とする8月に収穫できない事例が、生産現場で散見される。さらに、8月の規格別の単価をJAあきた白神の平成20～25年の販売実績で比較すると、2L規格の単価は49.6円とL規格の36.4円より高く、M規格の21.7円とS規格の13.2円より2.3～3.8倍も高い。そのため、秋田県内の生産現場からは、8月どり作型において、M規格以下の割合が少なく、2L規格の割合を高める栽培技術が求められている。第1～3章では、無加温ビニルハウスにおいても、10月上～中旬にセルトレーに播種し、翌年の4月中旬に定植すると7月から収穫できることを明らかにした。この栽培では、セルトレーを利用して生育を抑制する断根や剪葉が回避できたことに加えて、1穴当たりの株数を2本から1本に減らすことで大苗の育成が可能となり定植後の栽植密度も低下することから、圃場での生育が促進され、1株当たりの調製後の地上部重（調製重）が重くなり、単価の高い2L規格の割合が増加した。

本研究では、第1～3章で7月からの収穫を可能とした手法を、ネギの栽培で広く用いられている連結紙筒での育苗に応用し、1穴当たりの株数を慣行の2本より少なくして栽植密度を下げることで（20～30株・m<sup>2</sup>）、8月どり栽培において大きい規格のネギを収穫することを目的とした。また、窒素施肥量については、慣行の栽植密度（40株・m<sup>2</sup>）を想定した施肥基準で行っていることから、本手法のように栽植密度を低下させた場合、1株当たりの施肥条件が変化していることを考慮する必要がある。加えて、栽植密度の変化に伴い、光環境に違いがみられることが考えられる。しかし、これまで、ネギでは窒素施肥量と栽植密度とを組み合わせで検討した報告は少なく、これらと光環境との関係を検討

した報告はみあたらない。

そこで、本研究では、連結紙筒を用いた、無加温ビニルハウスでの越冬育苗による8月どり栽培の確立に向けて、連結紙筒の1穴当たり株数と定植後の窒素施肥量の違いが生育、相対照度、窒素吸収量および収量に及ぼす影響を検討した。

## 材料および方法

本研究は秋田県農業試験場で実施した。供試圃場は、前年に緑肥（ソルガム）を栽培し、土壌タイプは表層多腐植質多湿黒ボク土である。供試品種は‘夏扇パワー’とした。2013年11月1日に、連結紙筒（チェーンポット CP303, (株) 日本甜菜製糖）を展開した 30 cm × 60 cm の大きさの苗箱に園芸用育苗培土（N : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : K<sub>2</sub>O = 600 : 7,000 : 150 mg·L<sup>-1</sup>）を充填し、連結している紙筒の 1 穴当たりの粒数が 2 粒、2 粒と 3 粒の交互および 3 粒となるように 3 区を設定して播種した。出芽までは 0.02 mm 厚の透明の有孔ポリエチレンフィルムで被覆し、出芽揃い期までは内部の気温が 25°C 以上、それ以降は 15°C 以上の時に換気を行った。育苗中のビニルハウス内の気温は平均で 5.2°C、最高で 35.4°C、最低で -7.5°C であった（ハウス中央部の地上 150 cm の位置をデータロガーを用いて計測）。12月10日に、連結している紙筒の 1 穴当たり株数が 1 本、1 本と 2 本の交互および 2 本となるように間引いて、それぞれ 1 本区、1.5 本区および 2 本区とした（第 4-2-1 図）。なお、1.5 本区は連結している紙筒の 2 穴に対しての株数が 3 本であり、1 穴当たりに換算すると 1.5 本となることから、試験区名を 1.5 本区とした。また、1.5 本区については、1 本と 2 本をそれぞれ調査し、試験区名をそれぞれ 1.5 本-1 区、1.5 本-2 区とした。育苗中の連結紙筒の培土内の地温は平均で 7.7°C、最高で 27.2°C、最低で 0.9°C であった（ハウス中央部の連結紙筒の上面から地下 2 cm の位置をデータロガーを用いて計測）。追肥は液肥（N : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : K<sub>2</sub>O = 10 : 4 : 8）を 50 倍に希釈し、2014 年 2 月 21 日、3 月 13 日および 4 月 3 日に苗箱（30 cm × 60 cm）1 枚当たり 500 mL 施用した。4 月 15 日に畝間 100 cm、溝の深さ 15 cm・溝底の幅 25 cm の植え溝に、簡易移植器（ひっぱりくん, (株) 日本甜菜製糖）を用いて 5 cm 間隔で連結している紙筒を伸ばしながら深さ 5 cm で定植した。その結果、本圃での栽植密度は、1 本区で 20 株・m<sup>2</sup>、1.5 本区で 30 株・m<sup>2</sup>、2 本区で 40 株・m<sup>2</sup> であった。施肥は化学肥料を用い、硫酸アンモニウム、過リン酸石灰、塩化カリウムを秋田県の施肥基準に基づき、基肥を N : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : K<sub>2</sub>O = 1.2 : 1.6 : 1.2 kg·a<sup>-1</sup>、追肥を合計で N : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : K<sub>2</sub>O = 1.7 : 0.4 : 1.7 kg·a<sup>-1</sup> 施用し、標準区とした。基肥の施用前の土壌の化学性は、pH (H<sub>2</sub>O) が 6.9、全炭素が 579 mg·100 g<sup>-1</sup> 乾土、全窒素が 36 mg·100 g<sup>-1</sup> 乾土、可給態リン酸 (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) が 23 mg·100 g<sup>-1</sup> 乾土、交換性カリウム (K<sub>2</sub>O) が 63 mg·100 g<sup>-1</sup> 乾土であった。基肥は定植前の 4 月 10 日に全面に施用した後にロータリー耕で混和した。追肥は 5 月 16 日、6 月 5 日、6 月 30 日、7 月 25 日および 8 月 18 日に、標準区の窒素の成分量でそれぞれ 0.3, 0.4, 0.4, 0.3 および 0.3 kg·a<sup>-1</sup> を、ネギの近傍（ネギを挟んだ両側の約 40 cm の部分）に施用した。多肥区は窒素の成分量で基肥および追肥とも標準区より 20% 増肥し、少肥区では同様に 20% 減肥した。それぞれの試験区の窒素の成分量の基肥と追肥の合計は、多肥区で 3.5 kg·a<sup>-1</sup>、標準区で 2.9 kg·a<sup>-1</sup> および少肥区で 2.3 kg·a<sup>-1</sup> である。土寄せは合計で 5 回行った。最終の土寄せは 7 月 20 日に行い、茎盤から高さ 27 cm まで土寄せした。試験は窒素施肥量（3 水準）と 1 穴当たり株数（3 水準）を組み合わせた 9 区について 3 反復で行い、1 本区と 2 本区は 5 m<sup>2</sup>、1.5 本区は 10 m<sup>2</sup> の面積で行った。また、施肥窒素の利用率を求めるために窒素無施肥と 1 穴当たり株数を組み合わせた無窒素区を同一圃場内に反復なしで設けた。リン酸とカリウムの施肥量は多肥区、少

肥区および無窒素区とも標準区と同一とした。

4月16日に、定植期の生育として出葉数、地上部重、葉鞘径および草丈を各処理区とも3つの苗箱から、1箱当たり10個体ずつ採取して調査した。定植後は、出葉数がわかるように各処理区の連続した10個体について、新たに展開した葉身に出葉数を定期的に記入した。定植後の生育は、5月15日、6月4日、7月3日、8月12日および8月26日に各処理区の10個体について出葉数を調査した。同時に、出葉数を調査した株とは別に1処理区当たり連続した10個体を採取し、地上部重、葉鞘径および草丈を計測した。1.5本区では1穴当たりの株数1本と2本について、それぞれ10個体ずつ調査した。採取したこれらの3~10個体については、70°Cで3日間以上通風乾燥して、粉碎器で微粉末とした。この乾燥試料から30mgを秤量し、C/Nコーダーで窒素含有率を測定し、乾物当たりの窒素吸収量を算出した。5月13日、7月14日、8月3日および8月18日の午後6時に、各処理区の植栽しているネギとネギの中間に、土面から10cm、20cm、40cm、60cm、80cmの高さで簡易積算日射量測定フィルム（オプトリーフ Y-1W, (株)大成イーアンドエル）を水平に設置し（第4-2-2図）、7日間露光した後の退色割合を小型分光光度計（D-Meter RYO-470, (株)大成イーアンドエル）で測定した。その後、既知の検量線から、積算光量子量を算出し、層別の光強度とした。相対照度は、最上部の光強度に対する各層の光強度の割合とした。なお、1.5本区については、南北に植栽しているネギに対して、1穴当たり株数が南側に1本の場合と2本の場合の2か所について光強度を測定し、その平均値を用いた。葉面積は、8月6日と8月21日に標準区の各処理区から2個体を採取し、個体ごとに葉身部を高さ10cmの間隔で切断した後に押しつぶし、その画像をスキャナ（V700 PHOTO, セイコーエプソン(株)）で取り込み、解析ソフト（WIN RHIZO, REGENT INSTRUMENTS INC.）で算出した。収量調査は、8月中旬の8月12日と8月下旬の8月26日の2回行い、生育調査が終わった各処理区の10個体について、葉数を2.5~3.5枚、茎盤からの長さを60cmに調製して調製重を計測した。収量と規格別比率は、全農秋田の青果物標準出荷基準に従い、調製重から算出した。収穫期における施肥窒素利用率は、各処理区に化成肥料で施肥された窒素量（以下、施肥窒素量と略記）に対する、多肥区、標準区および少肥区のそれぞれの窒素吸収量から無窒素区の窒素吸収量を差し引いた量（以下、施肥窒素吸収量と略記）の割合で算出した。

## 結果および考察

### 1. 無加温ビニルハウスを活用した連結紙筒育苗による8月どり栽培の実用性

定植期の出葉数、地上部重および葉鞘径は1本区で、それぞれ3.1枚、2.6gおよび4.5mmと最も大きく、次いで1.5本-1区で、それぞれ3.0枚、2.4gおよび3.9mm、1.5本-2区で、それぞれ2.9枚、1.9gおよび3.6mmと順に大きく、2本区では、それぞれ2.8枚、1.5gおよび3.3mmと最も小さい傾向が認められ、育苗時の栽植密度が低い処理区ほど重く充実した苗となった(第4-2-1表)。しかし、草丈は、1.5本区で30~33cmと長く、1本区と2本区では26~27cmと同程度に短く、栽植密度との関係は不明瞭であった。第1章では、128または200穴セルトレーを用いたが、11月4日に播種し1穴当たり株数を1本と2本で育苗した苗の定植時の出葉数、地上部重、葉鞘径および草丈は、それぞれ2.9~3.2枚、2.2~4.2g、4.1~5.5mmおよび28~31cmであった。この苗の大きさと本研究で用いた植え穴数が264個の連結紙筒の苗の大きさを比較すると、本研究で用いた苗の生育がやや小さかったが、密植である連結紙筒でも実用性の高い育苗が可能であった。

### 2. 窒素施肥量と1穴当たり株数の違いが生育、相対照度および窒素吸収量に及ぼす影響

定植後の出葉数、地上部重、葉鞘径および草丈には、窒素施肥量と1穴当たり株数の要因の間に交互作用が認められなかった(第4-2-3図)。定植後の出葉数は、いずれの処理区とも、8月12~26日にかけてやや緩慢となる時期があったが、最終調査日の8月26日まで停滞なく増加した。出葉数には窒素施肥量の影響が期間をとおして認められず、8月26日の出葉数はいずれの施肥量区でも16枚程度と同等であった。しかし、1穴当たり株数の影響は期間をとおして認められ、8月26日の出葉数は1本区で17.3枚と最も多く、次いで1.5本-1区と1.5本-2区で15.9~16.5枚と多く、2本区では15.5枚と最も少なかった。地上部重は、いずれの処理区とも、5月15日~6月4日の増加は小さかったが、6月4日~8月12日の増加は大きかった。しかし、8月12~26日では、地上部重の増加は停滞した。地上部重には、生育途中の6月4日と7月3日に窒素施肥量の影響が認められ、6月4日では多肥区が25gと少肥区の21gより重く、7月3日では多肥区が166gと少肥区の147gより重かった。しかし、8月12日以降は窒素施肥量の影響が認められず、地上部重はいずれの施肥量区とも同等であった。一方、1穴当たり株数の影響は期間を通して認められ、収穫期の8月12日の地上部重で比較すると1本区で389gと最も重く、次いで1.5本-1区で298g、1.5本-2区で274gと順に重く、2本区では250gと最も軽かった。葉鞘径は、いずれの処理区とも、6月4日~7月3日までの増加は大きかったが、7月3日~8月12日の増加は緩慢となり、8月12~26日の増加は停滞した。葉鞘径には、6月4日と7月3日に窒素施肥量の影響が認められ、6月4日では多肥区が10.8mmと少肥区の10.1mmより太く、7月3日では多肥区が19.1mmと少肥区の18.4mmより太かった。しかし、8月12日以降は窒素施肥量の影響が認められず、葉鞘径はいずれの施肥量

区とも同等であった。一方、1穴当たり株数の影響は期間を通して認められ、8月12日の葉鞘径で比較すると1本区で25.3 mmと最も太く、次いで1.5本-1区で21.7 mm、1.5本-2区で21.0 mmと順に太く、2本区では20.0 mmと最も細かった。草丈は、いずれの処理区とも、5月15日~8月12日まで伸長したが、8月12~26日の伸長は停滞した。草丈には、6月4日と7月3日に窒素施肥量の影響が認められ、6月4日では多肥区が48 cmと少肥区の46 cmより長く、7月3日では多肥区が79 cmと少肥区の76 cmより長かった。しかし、8月12日以降は窒素施肥量の影響が認められず、草丈はいずれの施肥量とも同等であった。一方、1穴当たり株数の影響は期間をとおして一定の傾向を示さず、処理区間における草丈の差は、地上部重や葉鞘径でみられた差と比較して小さかった。

相対照度には、期間をとおして、窒素施肥量と1穴当たり株数の要因の間に交互作用が認められなかった(第4-2-4図)。相対照度に及ぼす窒素施肥量の影響は期間をとおして認められなかったが、1穴当たり株数の影響は5月23~30日では高さ10 cm、7月7~14日では高さ10 cmと20 cm、8月3~10日と8月18~25日では高さ20, 40, 60 cmで認められ、1本区の相対照度が2本区より5~9%高かった。標準区における葉面積は、両日とも、各層において1本区が最も大きく、次いで1.5本区が大きく、2本区が最も小さい傾向であった(第4-2-5図)。総葉面積を1本区と比較すると、8月6日では1.5本区は1本区の82%、2本区は1本区の73%であり、8月12日では1.5本区は1本区の80%、2本区は1本区の62%であった。しかし、各層の葉面積が総葉面積に占める割合は、8月6日では1本区、1.5本区および2本区とも10~20 cmが23~24%と最も高く、次いで20~30 cmが22%、30~40 cmが19~20%の順に高く、8月21日では20~30 cmが22~23%と最も高く、次いで30~40 cmが20~22%、10~20 cmが19~20%の順に高く、1穴当たり株数の違いによらず同様な傾向であった。

以上のように、多肥区の地上部重、葉鞘径および草丈は標準区や少肥区と比較して、生育中期の6月4日~7月3日は、やや大きく推移する傾向であったが、収穫期の8月12日には同等となった。これは、1穴当たり株数の影響が収穫期でも認められることから、窒素施肥量よりも栽植密度が生育の制限要因となり、収穫期には1穴当たり株数に応じた生育量になった結果であると考えられた。一方、出葉数、地上部重および葉鞘径には、期間をとおして1穴当たり株数の影響が認められた。通常、肥培管理の条件では、栽植密度が低下することで葉鞘部の肥大が促進され、1株当たりの地上部重が増加することが多く報告されている(板木・比企, 1957; 小林ら, 1990; 村井ら, 1981; 野沢・西澤, 2001; 奥田・藤目, 2004; 白岩, 2008; 武田・本庄, 2010)。また、ネギの窒素施肥量と栽植密度を組み合わせた場合の関係については、鯨・神田(1976)は水耕栽培において、1株当たりの地上部重は養液の窒素レベルにかかわらず栽植密度が低いほど増加することを報告している。また、山崎ら(2004)は秋冬どり栽培において、収穫時の地上部重は窒素施肥量よりも栽植密度の高低が生育に強く影響することを報告し、光環境が生育に及ぼす主要な要因であることを指摘している(山崎, 2014a)。本研究では、1本区の相対照度は2本区より高く、1株当たりの葉面積は1穴当たり株数が少ないほど大きいことが明らかとなった。従って、1穴当たり株数が少ないほど、光環境が良好で葉面積が大きいことから、1株当たりの光合成量が増大し、地上部重や葉鞘径が大きくなったと考えられた。

定植後の窒素含有率と窒素吸収量には、窒素施肥量と1穴当たり株数の要因の間に交互作用が認められなかった(第4-2-6図)。定植後の窒素含有率は、いずれの処理区とも6月4日に上昇した後、7月3日には低下し、その後は同じ水準で推移した。窒素吸収量は、いずれの処理区とも、5月15日～6月4日の増加は小さかったが、6月4日～8月12日の増加は大きかった。しかし、8月12～26日では、窒素吸収量の増加は緩慢となった。窒素含有率には、6月4日、7月3日および8月26日に窒素施肥量の影響が認められ、窒素含有率は、多肥区が少肥区より0.1～0.3ポイント高かった。1穴当たり株数の影響は、生育前半の5月15日～6月4日にかけて認められ、2本区の窒素含有率が低かったものの、それ以降はいずれの処理区とも同等に推移した。窒素吸収量には、窒素施肥量の影響が認められ、多肥区の窒素吸収量が標準区や少肥区より高い傾向で推移した。一方、1穴当たり株数の影響は期間をとおして認められ、窒素吸収量は1本区で最も多く、次いで1.5本区、2本区では最も少なく推移した。また、8月26日の窒素吸収量は、多肥区は558 mgと少肥区の498 mgより12%多かったのに対し、1本区では659 mgと2本区の414 mgより59%多く、1穴当たり株数の処理区間で比較した方が窒素施肥量の処理区間で比較するより大きな差が生じた。

以上のように、窒素含有率と窒素吸収量は多肥区が標準区や少肥区よりやや高く推移する傾向が認められたが、多肥区における窒素含有率や窒素吸収量の高まりは収穫期の地上部重の増加にはつながらなかった。この結果は、田中・小山田(2000a)がネギの秋冬どり栽培で、山本・松丸(2007b)がネギの夏どり栽培で、窒素含有率が上昇し窒素吸収量がやや高まるが、収穫期の地上部重は増加しない場合があると報告した内容と一致した。山本・松丸(2007b)が窒素をぜいたく吸収した現象であると表現しているように、結果的に収穫期の地上部重の増加に影響しない窒素が過剰に吸収されたと考えられた。

これまで、窒素無施肥でも収穫期の窒素の吸収量が成分量で $1.2\sim 1.4\text{ kg}\cdot\text{a}^{-1}$ と高い養分レベルの土壌では、ネギの生育に及ぼす窒素の増肥の効果が低いこと(田中・小山田, 2000a)が報告され、窒素施肥量の増加に伴ってネギの収量は必ずしも増加しないこと(石居ら, 1967; 小林ら, 1990; 小田部ら, 2013)が報告されている。生産現場では、収量の増加を期待して多肥になる傾向があると指摘されている(山崎, 2014b)が、本研究の無窒素区の窒素吸収量が成分量で $0.47\sim 0.53\text{ kg}\cdot\text{a}^{-1}$ という土壌条件では、少肥区より多く窒素を施用しても収穫期の生育の増大につながらないことが明らかとなり、必要以上の施肥は無効であることが改めて示された。

収穫期における窒素吸収量、施肥窒素吸収量および施肥窒素利用率を第4-2-2表に示した。窒素施肥量と1穴当たり株数の要因の間に交互作用は認められなかった。窒素吸収量と施肥窒素吸収量は、8月12日、8月26日とも、無窒素区より窒素を施用した区で高まり、いずれの施肥量区においても1株当たりでは、1本区で最も多く、次いで1.5本区で多く、2本区では最も少ない傾向であったが、逆にa(面積)当たりでは、2本区で最も多く、次いで1.5本区で多く、1本区では最も少ない傾向であった。

以上のように、ネギの窒素施肥と窒素無施肥を比較した報告(林ら, 2003; 加賀屋ら, 1997; 山本・松丸, 2007a, 2007b)と同様に、本研究でも無窒素区より少肥区の方が、窒素吸収量が多く、窒素の施肥による生育の促進が認められた。また、前述のように施肥



した処理区間においては生育に差がみられなかったことから、ネギの生育に影響を及ぼす窒素吸収量の閾値は無窒素区と少肥区の間にあることが示唆された。

施肥窒素利用率は、いずれの施肥量区でも収穫期の窒素吸収量に大きな違いが認められなかったことから、施肥された窒素量が少ない区ほど高くなり、少肥区で最も高かった。また、1本区は2本区と比較して、1株当たりの施肥窒素吸収量は高いものの、面積当たりの株数が少ないことから施肥窒素利用率が低く、施肥された窒素のうちネギに吸収されない窒素が多かったと考えられた。従って、施肥窒素利用率の観点からは、1本区では2本区よりも窒素の施肥量を減らすことが可能であると考えられ、窒素利用率の高い少肥区においても、1本区の施肥窒素利用率はさらに高まることが期待される。しかし、この点については、本研究で明確に示すことはできなかったことから、今後検討する必要がある。

### 3. 窒素施肥量と1穴当たり株数の違いが収量に及ぼす影響

調製重と収量には窒素施肥量と1穴当たり株数の要因の間に交互作用は認められなかった(第4-2-3表)。8月12~26日にかけて、調製重と収量の増加は認められなかった。また、8月12日と8月26日の調製重と収量には窒素施肥量の影響が認められず、いずれの施肥量区とも同等であった。一方、1穴当たり株数の影響は認められ、8月12日の調製重は1本区で209~220gと最も重く、次いで1.5本区で167~170gと重く、2本区では151~160gと最も軽い傾向であった。8月12日の2L規格の割合は1本区で88~96%と高く、次いで1.5本区で25~40%と高く、2本区で4~21%と低い傾向であった。8月12日の収量は、栽植密度の高い2本区で603~641 kg・a<sup>-1</sup>と最も高く、次いで1.5本区で500~510 kg・a<sup>-1</sup>と高く、1本区では418~440 kg・a<sup>-1</sup>と最も低い傾向であった。

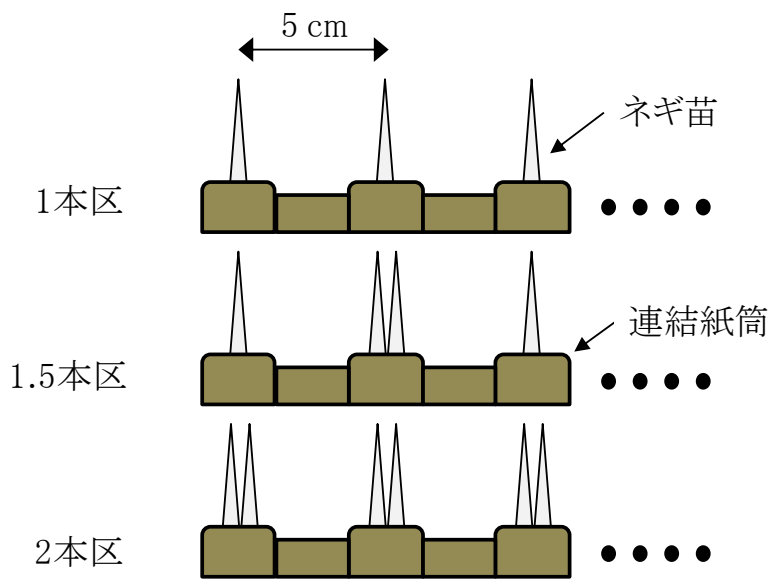
8月どり栽培では、高温によりネギの生育が不良となることから(野沢・西澤, 2001; 山崎, 2014a)、単価の高い2L規格の割合が減少し、単価の安いM規格の割合が増加する。また、葉鞘部の肥大の程度に応じて行う土寄せ作業(武田, 2014)が遅れ、目標とする8月に収穫できない場合がある。本研究では、無加温育苗ハウスを活用した連結紙筒育苗で、1穴当たり株数を慣行の2本から減らすことによって、収穫期が高温となる8月どり栽培でも、重量の大きい規格のネギを収穫することが可能であることが明らかとなり、特に1本区では肥大が顕著に促進された。しかし、1本区の収量は、秋田県の夏どり栽培の目標である300 kg・a<sup>-1</sup>より高いものの、2本区と比較して69~73%と低い。ただし、ネギを出荷する場合、1日当たりに処理できる個体数は規格にかかわらず同程度であり(藤岡ら, 2014)、単価の高い2L規格の割合が高いほど1日当たりの出荷額は増加する利点がある。また、1本区で栽植本数が減少した分の本数を確保するために新たに面積の拡大を行う場合には、労働時間の66%を占める収穫、調製および出荷作業(農林水産省大臣官房統計部, 2009)に最も時間を必要とすることは変わらないことから、労力的に栽培面積を拡大することは可能であると考えられる。従って、1穴当たり株数を減らして面積を増加させることも一つの選択枝であり、機械化体系を確立し大規模化を推進している秋田県のネギの生産にとっては、重要な視点であると考えられた。

調製重には、1穴当たり株数のみの要因が影響したことから、1本区、1.5本区および2

本区の反復毎の全データをプロットし、栽植密度(株・m<sup>2</sup>)と、1株当たりの占有面積(cm<sup>2</sup>・株)との関係を検討した(第4-2-7図)。その結果、調製重は栽植密度と負の相関が認められ、1株当たりの占有面積とは正の相関が認められた。調製重と栽植密度との関係は二次式でよく適合し、1本区が1.5本区より、栽植密度の低下に伴う肥大の促進効果が大きかった。また、調製重と1株当たりの占有面積との関係は一次式でよく適合し、調製重は1株当たりの占有面積に応じて直線的に増加することが認められた。本研究では、1.5本区の肥大がやや不足したことから、より肥大をよくするには、さらに栽植密度を下げる必要があると考えられた。例えば1穴当たり株数を1本、1本および2本(連結している紙筒の3穴に対して4本)とすることで栽植密度が26.7株・m<sup>2</sup>となり1.5本区より栽植密度を下げることは可能である。

ネギの場合、土寄せ作業を行う栽培管理上の都合により、畝間は100cmと広い。一方、1株当たりに換算した株間は、1本区で5cm、2本区で2.5cmと畝間と比較すると狭いことから、ネギの生育は、畝間より株間の影響を強く受ける(板木・比企, 1957)。1本区と2本区の株間の差はわずか2.5cmであるが、株間を比率で見ると2倍違うことになる。その結果、8月12日の2L規格の割合は、1本区で88~96%であるのに対し、2本区では4~21%と、株間の違いが、大きさの規格に強く影響している。また、ネギは土寄せを行うことで密植に伴う倒伏を回避でき、水稻など他の立性の作物より、株間を狭めた栽培が可能である(板木・比企, 1957)。従って、ネギは慣行の株間である2本区でも、密度が極めて高い状態で栽培されていることから、大きさの規格は、わずか2.5cmの株間の違いに影響を受けると考えられた。

以上のように、寒冷地における無加温のビニルハウスを活用したネギの8月どり栽培で、連結紙筒の1穴当たり株数を慣行の2本から減らすことで、高温期でも葉鞘部の肥大が促進され、単価の高い、大きい規格のネギを収穫できることが示された。従って、加温設備の整ったハウスを持たない場合でも8月どり栽培に取り組むことが可能となり、さらに、遅延なく8月からネギの収穫を開始できることが期待される。また、生育には窒素施肥量より栽植密度が大きく影響することが認められたことから、今後は、調製重と栽植密度の関係を詳細に調査することで、目標とする調製重を得るための栽植密度の推定が可能になると考えられた。



第4-2-1図 1穴当たり株数の試験区の概略(定植後)  
 1.5本区については、1本と2本をそれぞれ調査し、  
 それぞれ1.5本-1区と1.5本-2区とした。



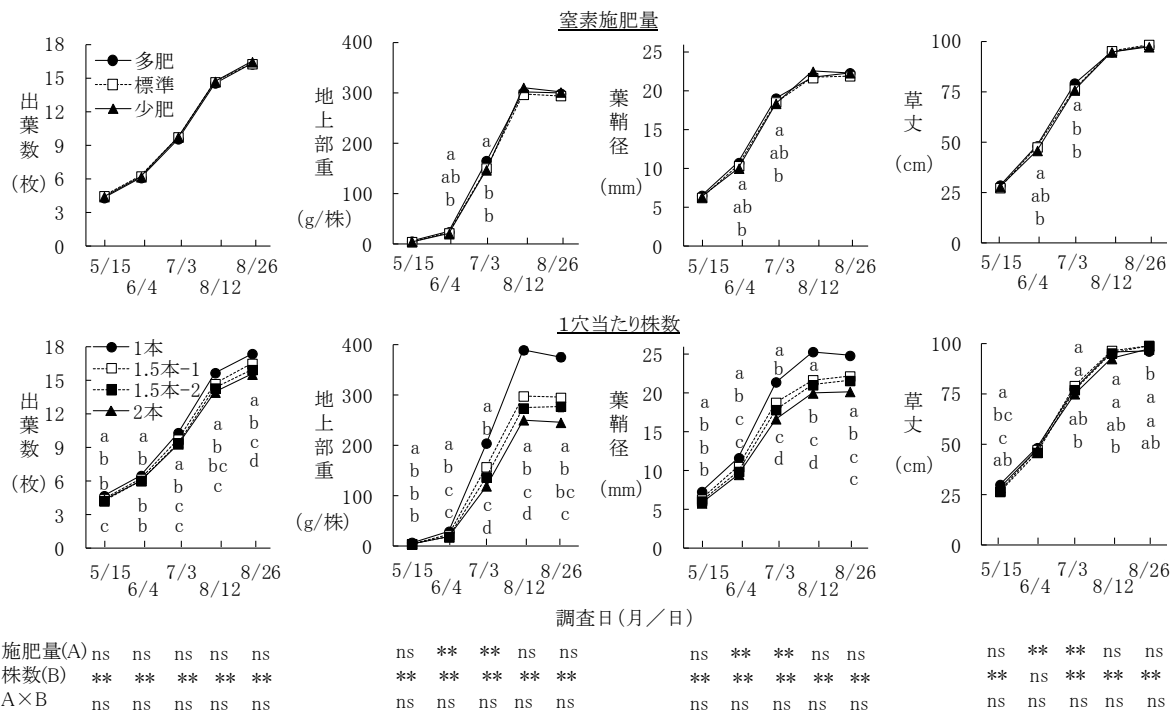
第 4-2-2 図 簡易積算日射量測定フィルムによる光強度の測定 (5 月 25 日)

第 4-2-1 表 1 穴当たり株数が定植期の生育に及ぼす影響(4 月 16 日)

試験区	出葉数 (枚)	地上部重 (g/株)	葉鞘径 (mm)	草丈 (cm)
1穴当たり株数				
1本	3.1±0.03 <sup>z</sup> a <sup>y</sup>	2.6±0.04 a	4.5±0.07 a	26±0.28 c
1.5本-1	3.0±0.01 a	2.4±0.04 a	3.9±0.01 b	33±0.26 a
1.5本-2	2.9±0.01 a	1.9±0.01 b	3.6±0.03 bc	30±0.09 b
2本	2.8±0.04 b	1.5±0.08 b	3.3±0.08 c	27±0.29 c

<sup>z</sup> 平均値±標準誤差(n=3)

<sup>y</sup> 異なる英文字間には5%水準で有意差あり(Tukey 法)

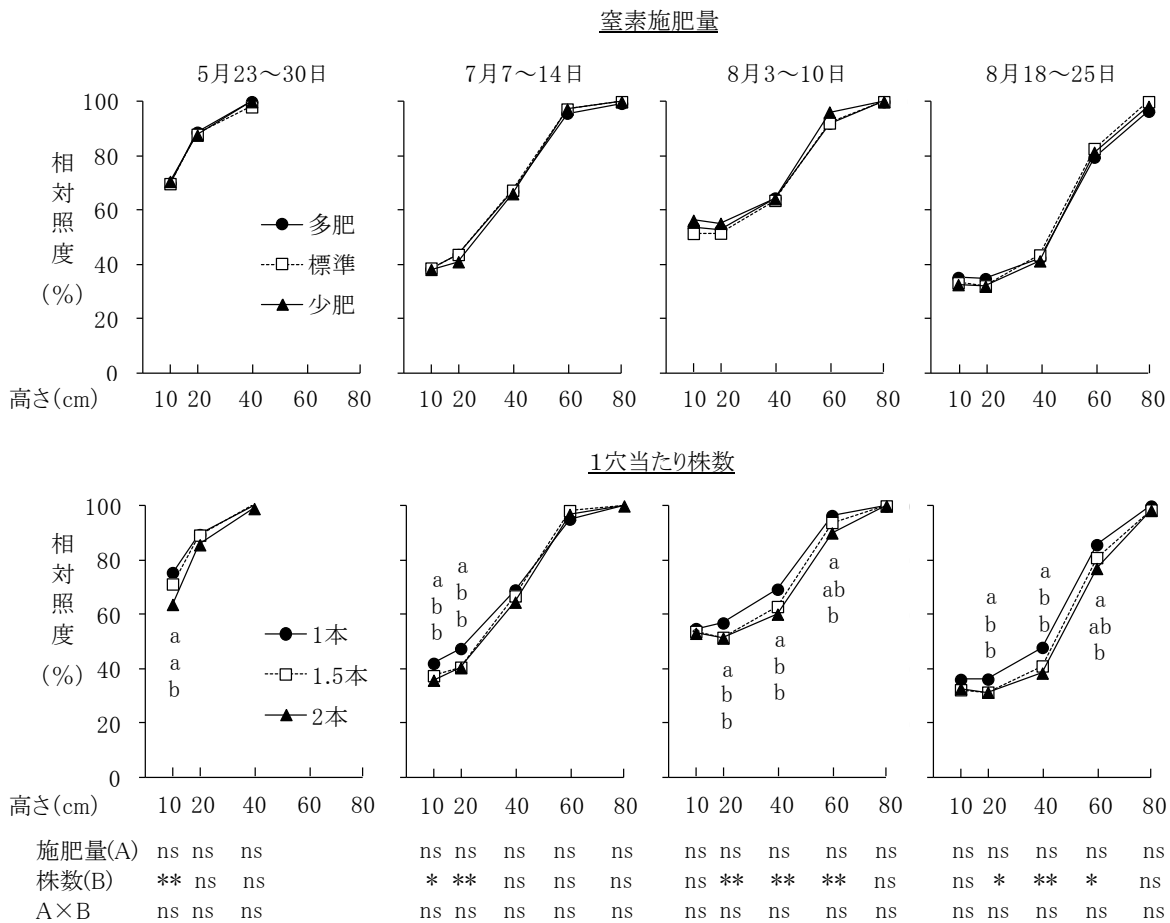


第 4-2-3 図 窒素施肥量と 1 穴当たり株数が定植後の生育に及ぼす影響

施肥量 (A) は窒素施肥量の効果, 株数 (B) は 1 穴当たり株数の効果, A×B は窒素施肥量と 1 穴当たり株数の間における交互作用を示す

調査日ごとに\*\*は 1%水準で有意差あり, ns は有意差なしを示す (2 元配置分散分析)

調査日ごとの異なる英文字間には 5%水準で有意差あり (Tukey 法)

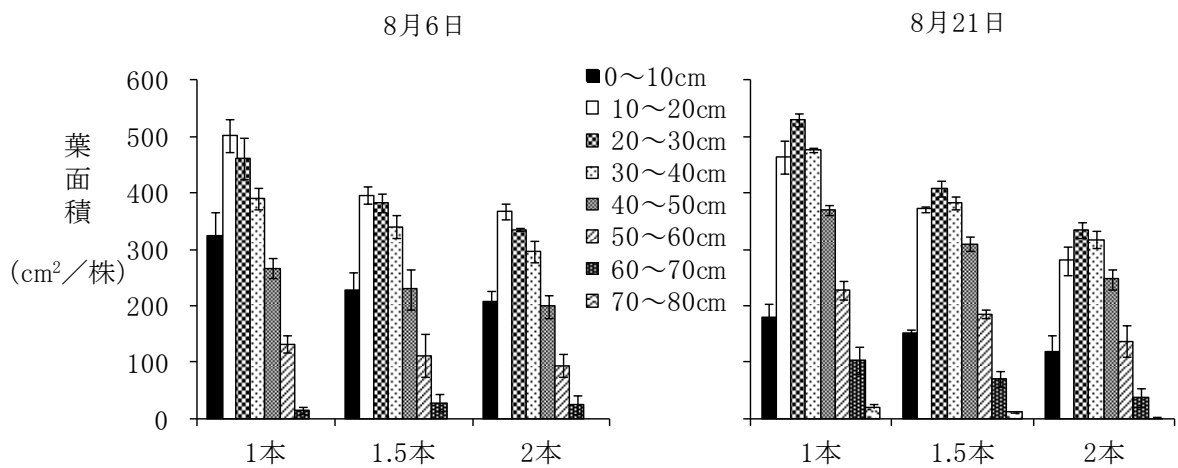


**第 4-2-4 図** 窒素施肥量と 1 穴当たり株数が相対照度に及ぼす影響

施肥量 (A) は窒素施肥量の効果, 株数 (B) は 1 穴当たり株数の効果, A×B は窒素施肥量と 1 穴当たり株数の間における交互作用を示す

調査日ごとに\*\*は 1%, \*は 5%水準で有意差あり, ns は有意差なしを示す (2 元配置分散分析により)

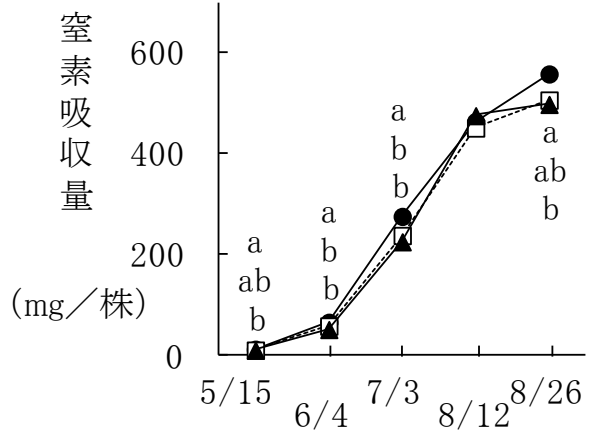
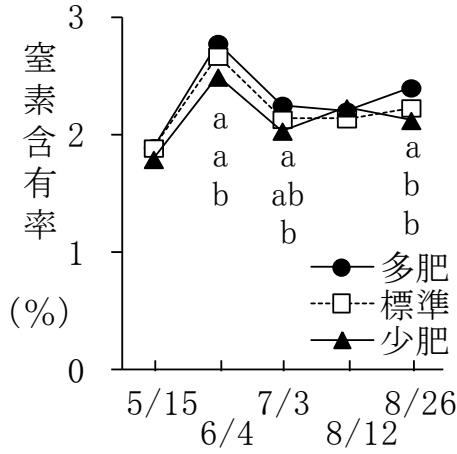
高さごとの異なる英文字間には 5%水準で有意差あり (Tukey 法)



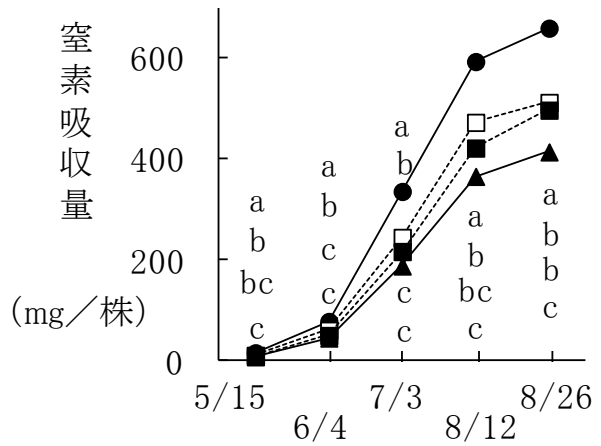
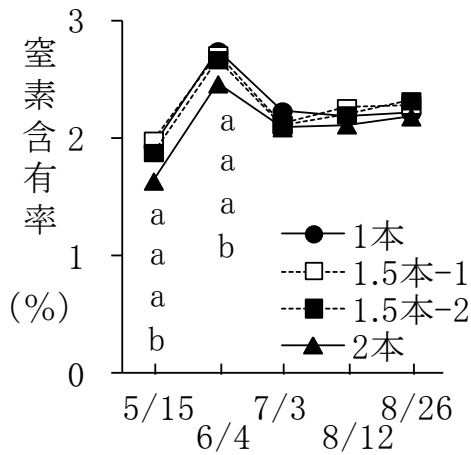
第4-2-5図 1穴当たり株数が収穫期の層別の葉面積に及ぼす影響  
窒素施肥量は標準区  
図中の縦棒は標準誤差 (n=3)



窒素施肥量



1穴当たり株数



調査日(月/日)

施肥量(A)	ns	**	*	ns	**	*	**	**	ns	*
株数(B)	**	**	ns	ns	ns	**	**	**	**	**
A×B	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

第4-2-6図 窒素施肥量と1穴当たり株数が窒素含有率と窒素吸収量に及ぼす影響  
 施肥量 (A) は窒素施肥量の効果, 株数 (B) は1穴当たり株数の効果, A×Bは窒素施肥量と1穴当たり株数の間における交互作用を示す  
 調査日ごとに\*\*は1%, \*は5%水準で有意差あり, nsは有意差なしを示す  
 (2元配置分散分析)  
 調査日ごとの異なる英文字間には5%水準で有意差あり (Tukey法)

第4-2-2表 施肥窒素量と1穴当たり株数が収穫期の窒素吸収量に及ぼす影響

試験区		8月12日											
窒素 施肥量	1穴当たり 株数	窒素吸収量		施肥窒素吸収量 <sup>z</sup>		施肥窒素量 <sup>y</sup>		施肥窒素 利用率 <sup>x</sup>					
(A)	(B)	(g/株)	(kg・a <sup>-1</sup> )	(g/株)	(kg・a <sup>-1</sup> )	(g/株)	(kg・a <sup>-1</sup> )	(%)					
多肥	1本	0.60	a <sup>w</sup>	1.20	b	0.37	a	0.73	a	1.56	3.12	23.5	b
	1.5本	0.44	b	1.32	ab	0.27	b	0.80	ab	1.04	3.12	25.5	ab
	2本	0.35	b	1.41	a	0.22	b	0.89	a	0.78	3.12	28.4	a
標準	1本	0.58	a	1.15	b	0.34	a	0.69	b	1.30	2.60	26.5	b
	1.5本	0.43	b	1.28	ab	0.25	b	0.75	ab	0.87	2.60	29.0	ab
	2本	0.36	b	1.43	a	0.22	b	0.90	a	0.65	2.60	34.6	a
少肥	1本	0.60	a	1.20	b	0.37	a	0.74	b	1.04	2.08	35.5	b
	1.5本	0.45	b	1.35	b	0.28	b	0.83	ab	0.69	2.08	39.9	ab
	2本	0.39	b	1.55	a	0.26	b	1.02	a	0.52	2.08	49.1	a
無窒素	1本	0.23		0.47		-		-		-	-	-	
	1.5本	0.17		0.52		-		-		-	-	-	
	2本	0.13		0.53		-		-		-	-	-	
施肥量(A) <sup>v</sup>		ns		ns		ns		ns		-	-		**
株数(B)		**		**		**		*		-	-		*
A×B		ns		ns		ns		ns		-	-		ns

試験区		8月26日											
窒素 施肥量	1穴当たり 株数	窒素吸収量		施肥窒素吸収量		施肥窒素量		施肥窒素 利用率					
(A)	(B)	(g/株)	(kg・a <sup>-1</sup> )	(g/株)	(kg・a <sup>-1</sup> )	(g/株)	(kg・a <sup>-1</sup> )	(%)					
多肥	1本	0.72	a	1.43	b	0.42	a	0.84	b	1.74	3.48	24.1	b
	1.5本	0.53	b	1.60	ab	0.36	ab	1.08	ab	1.16	3.48	31.1	a
	2本	0.43	b	1.74	a	0.29	b	1.16	a	0.87	3.48	33.3	a
標準	1本	0.63	a	1.25	c	0.33	a	0.66	b	1.45	2.90	22.6	b
	1.5本	0.49	b	1.48	b	0.32	a	0.97	a	0.97	2.90	33.5	a
	2本	0.41	c	1.63	a	0.26	b	1.05	a	0.73	2.90	36.2	a
少肥	1本	0.63	a	1.27	b	0.34	a	0.67	b	1.16	2.32	28.9	b
	1.5本	0.48	ab	1.44	ab	0.31	ab	0.93	a	0.77	2.32	40.0	a
	2本	0.40	b	1.60	a	0.25	b	1.02	a	0.58	2.32	43.8	a
無窒素	1本	0.30		0.60		-		-		-	-	-	
	1.5本	0.17		0.51		-		-		-	-	-	
	2本	0.15		0.58		-		-		-	-	-	
施肥量(A) <sup>v</sup>		ns		ns		ns		ns		-	-		*
株数(B)		**		**		**		**		-	-		**
A×B		ns		ns		ns		ns		-	-		ns

<sup>z</sup> 多肥区・標準区・少肥区のそれぞれの窒素吸収量から無窒素区の窒素吸収量を差し引いた量

<sup>y</sup> 化学肥料で施肥された窒素量

<sup>x</sup> 施肥窒素量に対する施肥窒素吸収量の割合

<sup>w</sup> 施肥量ごとの異なる英文字間には5%水準で有意差あり(Tukey法)

<sup>v</sup> 施肥量(A)は窒素施肥量の効果, 株数(B)は1穴当たり株数の効果, A×Bは窒素施肥量と1穴当たり株数の間における交互作用を示す

\*\*は1%, \*は5%水準で有意差あり, nsは有意差なしを示す, 無窒素区は除いた(2元配置分散分析)

第4-2-3表 施肥窒素量と1穴当たり株数が収量に及ぼす影響

試験区		aあたり	8月12日				8月26日							
窒素	1穴当たり	本数	調製後 <sup>z</sup>	収量	規格別比率 <sup>y</sup>				調整後	収量	規格別比率			
施肥量	株数		地上部重		2L	L	M	S	地上部重		2L	L	M	S
(A)	(B)		(g/株)	(kg・a <sup>-1</sup> )	(%)				(g/株)	(kg・a <sup>-1</sup> )	(%)			
多肥	1本	2,000	220±9 <sup>x</sup> a <sup>w</sup>	440±18 c	96	4	0	0	206±10 a	413±19 b	88	13	0	0
	1.5本	3,000	170±2 b	510±6 b	40	54	6	0	163±6 b	489±19 b	18	79	3	0
	2本	4,000	151±5 b	603±20 a	4	96	0	0	149±5 b	596±22 a	8	92	0	0
標準	1本	2,000	209±7 a	418±14 c	88	13	0	0	203±8 a	405±16 b	88	13	0	0
	1.5本	3,000	167±1 b	501±4 b	25	75	0	0	154±2 b	461±7 b	8	92	0	0
	2本	4,000	160±4 b	641±16 a	21	71	8	0	141±6 b	563±26 a	0	88	13	0
少肥	1本	2,000	219±2 a	438±4 b	92	8	0	0	203±8 a	405±16 b	92	8	0	0
	1.5本	3,000	167±2 b	500±5 b	29	71	0	0	154±11 b	462±34 b	15	69	15	0
	2本	4,000	156±7 b	623±26 a	17	79	4	0	148±7 b	591±27 a	4	83	13	0
施肥量(A) <sup>v</sup>			ns	ns	-	-	-	-	ns	ns	-	-	-	-
株数(B)			**	**	-	-	-	-	**	**	-	-	-	-
A×B			ns	ns	-	-	-	-	ns	ns	-	-	-	-

<sup>z</sup>葉数2.5~3.5枚,長さ60cmに調製

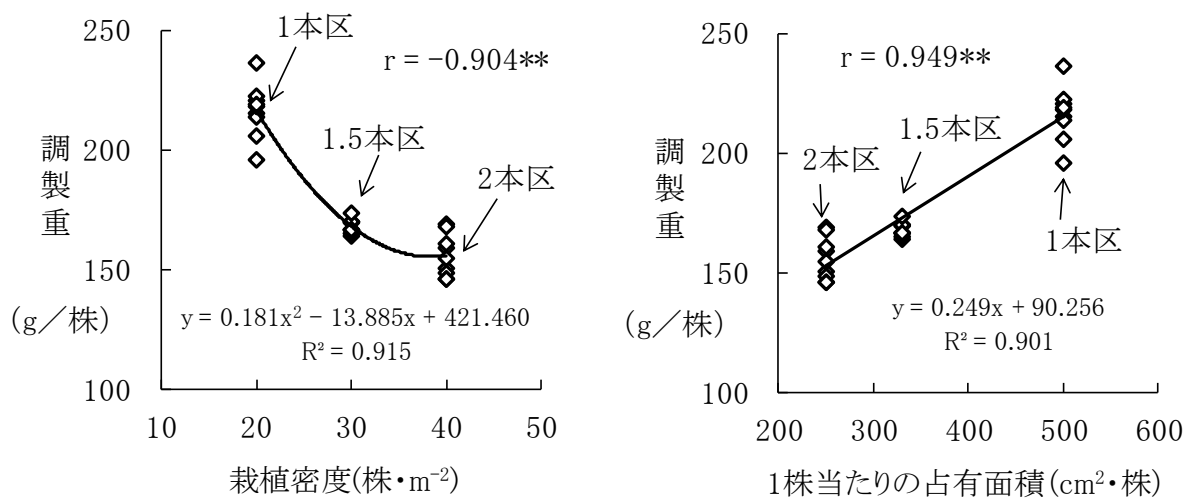
<sup>y</sup>2L, L, M, Sは,それぞれ調製後の地上部重180g以上,120g以上180g未満,80g以上120g未満,80g未満

<sup>x</sup>各平均値±標準誤差(n=3)

<sup>w</sup>異なる英文字間には5%水準で有意差あり(Tukey法)

<sup>v</sup>施肥量(A)は窒素施肥量の効果,株数(B)は1穴当たり株数の効果,A×Bは窒素施肥量と1穴当たり株数の間における交互作用を示す

\*\*は1%水準で有意差あり,nsは有意差なしを示す(2元配置分散分析),-は検定なしを示す



第4-2-7図 収穫期(8月12日)における調製重と栽植密度および1株当たりの占有面積との関係

1本区, 1.5本区および2本区において, 各施肥量区の反復ごとのデータ (n=9) をプロットした

rは相関係数, \*\*は1%水準で有意であることを示す

yは近似式を示す

$R^2$ は近似式の決定係数を示す

## 総合考察

秋田県では、米に偏重した生産構造を改善することが重要な課題となっており、野菜部門の生産拡大に対する各種施策を実施している。その中で、ネギは、2012年の産出額が20億円と野菜の産出額全体の8%程度と高い割合を示し、秋田県の重要な野菜に位置づけられている（総務省統計局，2013）。秋田県におけるネギは、河川流域の沖積土壌や沿岸部の砂丘地に産地が形成され（加賀屋，2009）、2000年以降は、定植や収穫・調製等の機械化が進み、省力生産と面積拡大が可能な作物になったことから、県内陸部でも産地化が進み、2012年の作付面積は479haとなっている（総務省統計局，2013）。

秋田県農業試験場では、1995年頃から、連結紙筒育苗と簡易移植器による体系（土屋，1999）に対応した作期の検討、施肥法および病害虫防除に関する一連の研究を実施した（加賀屋，2009）。その結果、現在の、2月上旬～4月中旬に播種を行い、本葉が2枚程度出葉した小苗を定植し、8月中旬～9月まで収穫する夏秋どり作型、10～12月まで収穫する秋冬どり作型が確立された。しかし、県内の産地からは、ネギの生産をさらに拡大するために、現在よりも早い7月から収穫する夏どり栽培の開発が求められている。

7月から収穫する作型は、暖地や温暖地では、秋まきによる年内定植による作型または露地での育苗を活用した作型が成立している（野菜茶業研究所，2010）。しかし、この作型は、寒冷地では、積雪や低温によって越冬性が不安定であることから、成立していない（本間ら，1999；加賀屋ら，1993）。また、秋田県では、積雪期間が長いことから、定植時期を4月中旬より早めることは困難である。そこで、筆者ら（本庄ら，2006）は、定植する苗を大きくして定植から収穫までの期間を短縮するため、無加温のビニルハウスでの秋まき越冬育苗による栽培法を検討した。その結果、晩抽性品種を用いて、10月上旬に播種し、葉鞘径8.9mm程度の苗を4月中旬に定植すると、抽苔の発生を抑制しつつ、7月下旬からの収穫が可能であることが明らかとなった。しかし、この栽培法では、収量が250kg・a<sup>-1</sup>と目標とする300kg・a<sup>-1</sup>（秋田県農林水産部，2014）に達しなかった。これは、従来からある大苗に育苗する方法で、苗床から苗を掘り上げる際に断根が生じる地床育苗を用いたことから、定植後に生育が停滞し、収穫までに十分な大きさに生育できなかったことが原因と考えられた。

本研究は、このような背景で開始され、第1章では、7月どり栽培に向けた大苗を育苗する方法として、定植時の断根を回避できるセルトレー育苗に着目し、無加温ビニルハウスを活用した、越冬育苗での育苗条件を検討した。品種は晩抽性の‘羽緑一本太’と耐暑性の‘夏扇パワー’の異なる生理生態的特性を有する2種類を用い、播種期、セルトレーの規格および1穴当たりの株数を組み合わせて育苗した。その結果、10月1日以降の播種では播種期が早いほど、セルトレーの規格では200穴より128穴で、1穴当たりの株数では2本より1本で、苗の生育が優れること、また、播種期は育苗中の生育に最も作用する正の要因であり、育苗中に倒伏防止のために行った剪葉は2番目に作用する負の要因であることを明らかにした。定植期に苗の実用性を判定し、苗の実用性の基準を、育苗中に生

育を阻害する剪葉が不要であること、定植期に抽苔の発生につながる花芽が未分化でかつ葉鞘径が概ね6 mm以上であることとした結果、実用性ありと判定された播種期、セルトレーの規格、1穴当たりの株数の組み合わせは、‘羽緑一本太’の場合、10/1播種・128穴・2本区、10/1播種・200穴・1本区、10/15播種・128穴・1本区、10/15播種・128穴・2本区および10/15播種・200穴・1本区の5組であり、‘夏扇パワー’の場合、10/15播種・128穴・1本区、10/15播種・128穴・2本区および10/15播種・200穴・1本区の3組であった。また、これらの苗を定植すると、地床育苗の大苗でみられた定植後の生育停滞が発生せず順調に生育し、‘羽緑一本太’の10/15播種・128穴・1本区を除き、7月中旬に目標収量の300 kg・a<sup>-1</sup>を上回り収穫できることを明らかにした。特に、‘夏扇パワー’の10/15・128穴・1本区は、生育が旺盛で、重量の大きい規格の2Lの割合が最も高く、収量が400 kg・a<sup>-1</sup>程度と目標収量の300 kg・a<sup>-1</sup>を上回り、さらに、現地試験でも同様な結果が得られたことから、実用性の高い育苗条件であった。以上のことから、無加温ビニルハウスでの越冬育苗において、定植時の断根を回避できるセルトレー育苗による大苗を用いることで、定植時期が限られる寒冷地の秋田県においても、目標収量である300 kg・a<sup>-1</sup>を上回り7月中旬から収穫できることを初めて明らかにした。

第2章の第1節では、第1章で7月どり栽培が可能となった要因として考えられる、剪葉と剪根を回避した影響を評価した。その結果、定植時の剪葉と剪根は生育を抑制することが明確に示され、特に剪根が剪葉より生育を抑制する度合いが大きいことを明らかにした。具体的には、7月19日の収量は、剪葉と剪根のない無処理区が320 kg・a<sup>-1</sup>と最も高く、次いで剪葉のみの剪葉区が279 kg・a<sup>-1</sup>と高く、剪根のみの剪根区では214 kg・a<sup>-1</sup>と低く、剪葉と剪根のある剪葉+剪根区では192 kg・a<sup>-1</sup>と最も低かった。また、目標収量の300 kg・a<sup>-1</sup>に達した時期は、無処理区が7月19日に対して、剪葉区は8月5日、剪根区と剪葉+剪根区では8月20日まで遅れた。以上のことから、定植時の剪葉や、地床育苗の採苗に伴う断根（剪根）は、早期収穫を目指す場合には収量が不足し、十分な収量を得ようとすれば収穫期が遅延することを明らかにした。すなわち、剪葉と剪根を回避した大苗を利用することが、セルトレー育苗による7月どり栽培を可能とする、重要な要因であることを解明した。

第2章の第2節では、セルトレー育苗による7月どり栽培における、花芽分化を引き起こす低温感応の時期と花芽分化特性を検討した。その結果、花芽分化を引き起こす低温感応の可能性がある時期は、育苗時の3月中旬～4月中旬、定植後は4月中旬～5月中旬であることを明らかにした。また、本栽培で用いる品種‘夏扇パワー’の花芽分化が可能な大きさを花芽分化しやすい条件に設定した人工気象室で検討した結果、その大きさは出葉数4.5枚、分化葉位9枚および葉鞘径6.2 mmより小さいことを解明した。従って、‘夏扇パワー’の低温感応性を獲得するステージである成熟栄養成長相の始期はこの大きさより小さいことになるので、本栽培では、ほとんどの株が育苗の後半から定植後にかけて成熟栄養成長相に達することが明らかとなった。しかし、本栽培では、育苗の後半には日照時間の増加に伴いビニルハウス内の温度が上昇すること、定植後も日数が経過するにつれて温度が高まり長日条件となること、などの花芽分化への誘導を抑制する環境が徐々に強まることから、最終的に、ほとんどの株が花芽分化に必要な低温量を獲得するまでには至ら

ずに、抽苔の発生が数パーセントと低率になると考察した。また、低温感応の時期である育苗時の3月中旬～4月中旬はビニルハウスの換気開始温度を高め設定し、定植後の4月中旬～5月中旬は農ポリでトンネル被覆して高温にすることで、生育が促進されるとともに花芽分化が回避され、その結果、抽苔を抑制しつつ、収穫期をさらに7月上旬まで早めることが可能であることを明らかにした。

第3章では、育苗時の管理方法を検討した。第1節では、追肥方法を検討し、葉色が退色する2月上旬頃から追肥を開始し、その後は、3月上旬、3月下旬、4月上旬に施用すること、液肥(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=10:4:8)を50倍で希釈し、苗箱(30cm×60cm)1枚当たり500mL施用する、とした実用的な追肥方法を明らかにした。第2節では、温度の管理方法を検討し、秋冬期の換気開始の気温は、病害を回避する観点から10℃程度が適当であること、冬春期は、低温障害の回避の観点から12.5℃以上とするのが適当であることを明らかにした。加えて、抽苔の発生を抑制するとともに、目標収量である300kg・a<sup>-1</sup>以上で7月中旬からの収穫が可能となる、出葉数と葉鞘径からなる育苗時の生育指標を作成した。

第4章では、第1～3章で得られたセルトレー育苗による7月どり栽培の手法を、ネギの栽培で広く用いられている連結紙筒育苗に応用した。第1節では、無加温ビニルハウスを活用した、7月どり栽培に向けた連結紙筒の育苗条件を検討した。その結果、10月中旬に播種し、1穴当たり株数を1本で育苗した苗を4月中旬に定植すると、連結紙筒育苗で7月下旬からの収穫が可能であることを初めて明らかにした。第2節では、8月どり栽培において大きい規格のネギを収穫するために、連結紙筒の1穴当たり株数の違いと定植後の窒素施肥量が生育、相対照度、窒素吸収量および収量に及ぼす影響を検討した。その結果、窒素施肥量より1穴当たり株数の違いが生育に及ぼす影響が大きく、1穴当たり株数を2本から1.5本や1本に減らすことで、収穫時期が高温となる8月どり栽培において、生産性の向上につながる大きい規格のネギの割合を高めることが可能であることを明らかにした。また、1穴当たり株数が減少するのに従い、相対照度が高まり、1株当たりの葉面積が増加することを明らかにし、この相対照度の高まりと葉面積の増加によって1株当たりの光合成量が増大し、大きい規格のネギの割合が高まると考察した。

本研究は、寒冷地の秋田県において、夏どり栽培における諸課題を解決するために、無加温ビニルハウスを活用した、越冬育苗による夏どり栽培を開発することを目的に行ったが、その研究成果が、生産現場で早急に導入できる、実用的な技術になることを念頭において実施したものである。セルトレー育苗による7月どり栽培では、育苗した大苗を剪葉せずに定植できる移植体系を、山形大学と中央農業総合研究センターとで共同研究し、溝切り機(片平, 2013; 進藤ら, 2014)と移植機(屋代, 2013)を開発した。これらの一連の成果は、積雪の多い県内陸部の横手市で実践され、現在では、7月中旬からの収穫が可能となっている。また、第4章の成果は、現場で広く用いられている連結紙筒育苗についての内容であることから生産者の関心が高い。特に、加温設備の整ったハウスを持たない場合や、加温できるハウスはあるものの他作物との育苗が競合することで、夏どり栽培に取り組みなかったJAや生産者からは、比較的安価な無加温ハウスを活用して、これまで生産できなかった7月下旬からの収穫が可能となる点が評価され、連結紙筒育苗による

夏どり栽培が、県内に導入されてきている。さらに、4月上旬からの定植が可能で、かん水設備の整っている沿岸部の砂丘地においては、連結紙筒による越冬育苗で7月上旬からの収穫が可能であり、想定以上の作期の前進化も認められている。

また、本栽培法で7月に生産された秋田県産のネギについて、同時期に温暖地で生産されたネギを対照に販売テストした結果、秋田県産のネギの販売状況が良好であった（第-総考-1 図）。アンケート調査の結果では、鮮度感で評価が高く、秋田県産の夏どりネギの有利販売の可能性が示されている（フレッシュリミックス（株），2014）。生育適温が15～20℃と低いネギは、夏季が比較的冷涼な秋田県においては、生育が順調に進み、さらに、夏季の難防除害虫であるネギアザミウマの発生量が少なく葉身部の食痕が極めて少ないことが、鮮度感の高評価につながったと考えられた。

以上のように、本研究の成果によって、これまで困難とされた寒冷地の秋田県において、無加温ビニルハウスおよびセルトレーと連結紙筒を活用した越冬育苗による新たな夏どり栽培技術を開発した（第-総考-2 図）。秋田県では、本栽培法の有効性が高いと判断し、本栽培法の普及推進をネギの生産振興の柱の一つに位置づけ、育苗ハウスの設置等にかかる経費に助成した結果、秋田県のネギの主産地である JA あきた白神の他に、積雪量の多い内陸部の湯沢市（第-総考-3 図）においても、越冬育苗用のハウスが設置され、育苗を受託するシステムが構築されてきている。また、ネギの大型団地（通称；園芸メガ団地、能代市）においては、越冬育苗による夏どり栽培を積極的に導入し（第-総考-4 図）、県内の他の地域でも同様な取り組みがみられてきている。秋田県では、無加温ビニルハウスを活用した、越冬育苗による夏どり栽培の取り組みが2013年で3ha、2014年で10ha、2015年で30haと順調に増加してきている（秋田県園芸振興課集計）。越冬育苗による夏どりの10a当たり粗収益は802千円と試算されることから（秋田県農林水産部，2014）、越冬育苗による夏どり栽培の生産額は、2015年だけで2億4千万円程度となり、本栽培は秋田県のネギの生産振興の一翼を担うことが十分に可能である。今後は、越冬育苗による夏どり栽培で生産されたネギの品質の高さをアピールした販売戦略を強化するとともに、本栽培の普及をさらに進めることで、ネギ全体の生産振興が図られ、秋田県の米に偏重した生産構造の改善に寄与することが期待される。





秋田県産 温暖地産

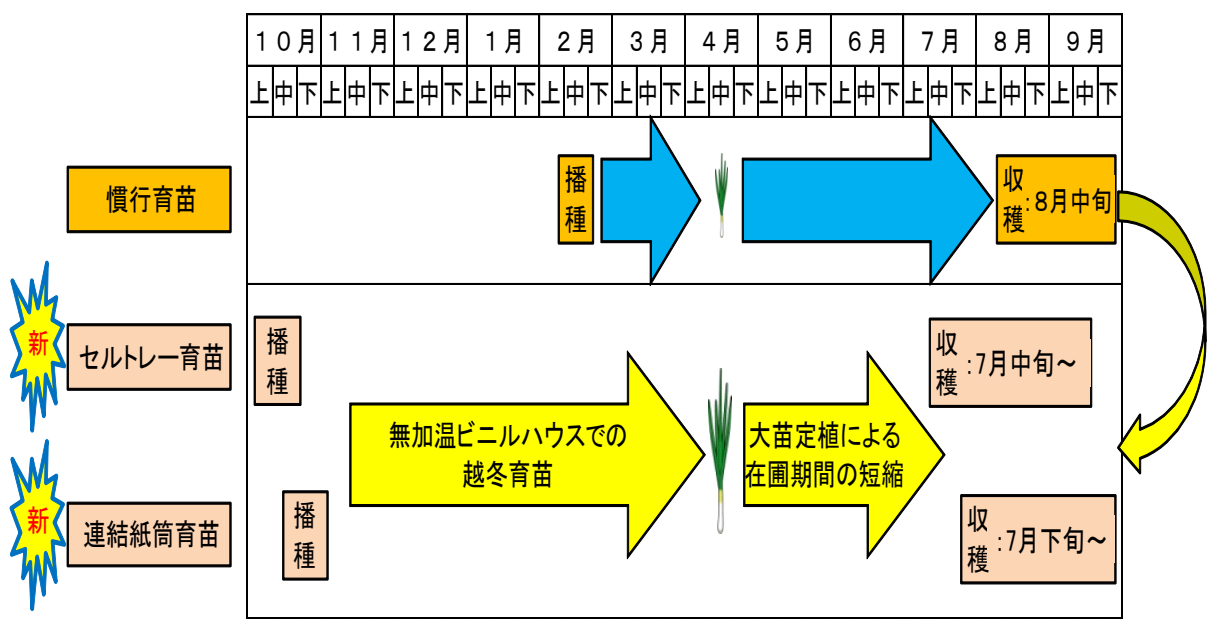
午前



秋田県産 温暖地産

午後

**第-総考-1 図** 7月どりネギの販売テスト（2014年7月22日）  
 秋田県園芸振興課がフレッシュリミックス（株）に調査を依頼し、神奈川県横浜市で実施  
 秋田県産と温暖地（I 県）産のネギを同価格で販売し、秋田県産のネギは午後には完売した



第一総考-2 図 本研究で新たに開発された、セルトレー育苗と連結紙筒育苗による夏どり栽培



第-総考-3 図 新設した越冬育苗用ハウスでの育苗（湯沢市）



第一総考-4 図 ネギの大型団地と育苗ハウス (能代市)

## 総合摘要

本研究は、寒冷地の秋田県において、現在主流であるネギの9月以降の秋冬どり栽培に加えて、単価の高い7月から収穫できる栽培法と8月どり栽培の生産性を向上できる夏どり栽培を開発することで、秋田県の重点品目であるネギの生産振興を図り、米に偏重した秋田県農業の生産構造の改善に寄与することを目的に実施した。

第1章では、7月どり栽培に向けた大苗を育苗する方法として、定植時の断根を回避できるセルトレー育苗に着目し、無加温ビニルハウスを活用した、越冬育苗での育苗条件を検討した。品種は晩抽性の‘羽緑一本太’と耐暑性の‘夏扇パワー’の異なる生理生態的特性を有する2種類を用い、播種期、セルトレーの規格および1穴当たりの株数を組み合わせて育苗した。定植期に苗の実用性を判定し、苗の実用性の基準を、育苗中に生育を阻害する剪葉が不要であること、定植時に抽苔の発生につながる花芽が未分化でかつ葉鞘径が概ね6 mm以上であることとした結果、実用性ありと判定された播種期、セルトレーの規格、1穴当たりの株数の組み合わせは、‘羽緑一本太’の場合、10/1播種・128穴・2本区、10/1播種・200穴・1本区、10/15播種・128穴・1本区、10/15播種・128穴・2本区および10/15播種・200穴・1本区の5組であり、‘夏扇パワー’の場合、10/15播種・128穴・1本区、10/15播種・128穴・2本区および10/15播種・200穴・1本区の3組であった。さらに、これらの苗を定植すると、収量は、‘羽緑一本太’の10/15播種・128穴・1本区を除き、7月中旬に目標の $300 \text{ kg} \cdot \text{a}^{-1}$ を上回った。以上のことから、無加温ビニルハウスでの越冬育苗において、定植時の断根を回避できるセルトレー育苗による大苗を用いることで、定植時期が限られる寒冷地の秋田県においても、目標収量である $300 \text{ kg} \cdot \text{a}^{-1}$ を上回り7月中旬から収穫できることを初めて明らかにした。

第2章では、セルトレー育苗で7月どり栽培が可能となった要因として考えられる、剪葉と剪根を回避した影響を評価した。その結果、定植時の剪葉と剪根は生育を抑制することが明確に示され、特に、剪根が剪葉より生育を抑制する度合いが大きいことを明らかにした。さらに、定植時の剪葉や剪根は、早期収穫を目指す場合には収量が不足し、十分な収量を得ようとすれば収穫期が遅延することから、剪葉と剪根を回避した大苗を利用することが、7月どり栽培を可能とする、重要な要因であることを明らかにした。

また、セルトレー育苗による7月どり栽培における、花芽分化特性を検討した。その結果、花芽分化を引き起こす低温感応の可能性がある時期は、育苗時の3月中旬～4月中旬、定植後は4月中旬～5月中旬であることを明らかにした。また、本栽培では、育苗の後半から定植後にかけて、低温感応性を獲得するステージである成熟栄養成長相に達することを明らかにし、本栽培の場合は低温感応の可能性がある時期を経過するものの、同時に、温度が上昇し、長日条件が継続するのに伴って、花芽分化への誘導を抑制する環境が徐々に強まることから、最終的に、ほとんどの株が花芽分化に必要な低温量を獲得するまでに

至らずに、抽苔の発生が数パーセントと低率になると考察した。

第3章では、セルトレー育苗による7月どり栽培技術の確立に向けて、育苗時の追肥方法と温度管理方法を検討した。その結果、葉色が退色する2月上旬頃から追肥を開始し、その後は、3月上旬、3月下旬、4月上旬に施用すること、液肥(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=10:4:8)を50倍で希釈し、苗箱(30cm×60cm)1枚当たり500mL施用する、とした実用的な追肥方法を明らかにした。温度の管理方法として、秋冬期の換気開始の気温は、病害を回避する観点から10°C程度が適当であること、冬春期は、低温障害の回避の観点から12.5°C以上とするのが適当であることを明らかにした。加えて、抽苔の発生を抑制するとともに、目標である300kg・a<sup>-1</sup>以上の収量で7月中旬からの収穫が可能となる、出葉数と葉鞘径からなる育苗時の生育指標を作成した。

第4章では、第1～3章で得られたセルトレー育苗による7月どり栽培の手法を、ネギの栽培で広く用いられている連結紙筒育苗に応用し、その結果、10月中旬に播種し、連結紙筒の1穴当たり株数を1本として育苗した苗を定植すると、セルトレー育苗より収穫時期は遅れるが、目標である300kg・a<sup>-1</sup>以上の収量で7月下旬からの収穫が可能であることを明らかにした。

さらに、連結紙筒の1穴当たり株数を減らすことで、収穫時期が高温となる8月どり栽培において、生産性の向上につながる、大きい規格のネギの割合を高めることが可能なことを明らかにした。また、1穴当たり株数が減少するのに従い、相対照度が高まり、1株当たりの葉面積が増加することを明らかにし、この相対照度の高まりと葉面積の増加によって1株当たりの光合成量が増大し、大きい規格のネギの割合が高まると考察した。

本研究の成果である、無加温ビニルハウスを活用した、越冬育苗による新たな夏どり栽培は、2015年で30haと順調に増加してきている。今後は、越冬育苗による夏どり栽培で生産されたネギの品質の高さをアピールした販売戦略を強化するとともに、本栽培の普及をさらに進めることで、ネギ全体の生産振興が図られ、秋田県の米に偏重した生産構造の改善に寄与することが期待される。

## 謝 辞

本論文をまとめるにあたり懇切なるご指導，ご校閲の労を賜った秋田県立大学生物資源科学部 教授 金田吉弘博士，准教授 吉田康德博士，准教授 佐藤孝博士に心より感謝の意を表する。

秋田県立大学名誉教授 高橋春實博士からは論文を作成するにあたり背中を押していただくとともに，暖かい励ましの言葉をいただいた。秋田県農業試験場 元場長 湯川智行博士，作物部長 金和裕博士，生産環境部長 佐藤孝夫博士からは論文作成にあたる心構えと激励の言葉をいただいた。秋田県農業試験場 場長 渡辺兵衛氏，野菜・花き部長 村上章博士からは研究の遂行にあたって特段のご配慮とご鞭撻をいただいた。本研究の基本的な考え方は，秋田県農業試験場 元場長 加賀屋博行博士，上席研究員 武田悟氏からご指導いただいた。また，本研究を遂行するにあたり山形大学農学部 准教授 片平光彦博士，中央農業総合研究センター 元上席研究員 屋代幹雄博士，秋田県立大学生物資源科学部 助教 高階史章博士からは多大なるご協力とご指導をいただいた。花芽分化や抽苔に関しては，東北農業研究センター 上席研究員 山崎篤博士の研究成果や著書を多く引用または参考にさせていただいた。

本研究は，秋田県農業試験場職員のご協力を得て行われた。特に，野菜・花き部 元部長 柴田浩氏，元上席研究員 田口多喜子氏，元上席研究員 田村晃博士，主任研究員 篠田光江氏，研究員 齋藤雅憲氏，研究員 今野かおり氏，作物部 主任研究員 進藤勇人氏，企画経営室 元主任研究員 鶴沼秀樹氏，元技能主任 齊藤健悦氏，元技能主任 高橋善則氏，技能主任 佐々木文武氏からは絶大なご協力をいただいた。さらに，野菜・花き部の臨時職員 鈴木朋子氏，佐藤丈氏，伊藤香奈氏，金竜雄氏，東海林健太氏，須田剛光氏，池内和美氏，大塚渉氏，佐々木陽氏，歴代のフロンティア研修生からは多大なご協力をいただいた。

現地試験では，能代市 菊池正氏，幸坂登氏，横手市 木村昭夫氏からご協力をいただいた。

以上の方々のご指導とご協力がなければ，本研究を遂行し，本論文をまとめることは，とうていできなかった。以上の方々に心から感謝申しあげる。

## 引用文献

- 阿部珠代・中住晴彦. 2004. ネギの花芽分化に要する低温遭遇時間と最適温度の品種間差異. 北海道試集報. 86: 11-17.
- 秋田県. 2014. 第2期ふるさと秋田農林水産ビジョン. p. 71-100.
- 秋田県農業試験場. 1991. 秋田県農業試験場 百年史. p. 153-183.
- 秋田県農林水産部. 2007. あきたブランド野菜づくりの手引き. p. 234-252.
- 秋田県農林水産部. 2014. 作目別技術・経営指標. p. 154-156.
- 安藤利夫. 2014. 品種と作型の動向. p. 18-19. 新訂 ネギの生理生態と生産事例. 誠文堂新光社. 東京.
- 安藤利夫・甲田暢男・大越一雄. 2002. 初夏どりネギ栽培における晩抽性品種の花芽分化, 抽苔特性. 千葉農総研研報. 1: 13-23.
- 青葉 高. 2000. 日本の野菜. p.120-126. 八坂書店. 東京.
- Brewster, J. L. 1985. The influence of seedling size and carbohydrate status and of photon flux density during vernalization on inflorescence initiation in onion (*Allium cepa* L.). Ann. Bot. 55: 403-414.
- Brewster, J. L. 2008. Onions and other vegetable Alliums 2nd edition. p. 63-92. CAB International, Wallingford, UK.
- Brouwer, R. and De Wit, C. T. 1969. A simulation model of plant growth with special attention to root growth and its consequences. p. 224-244. Root Growth. Butterworth, London.
- 張 昌植・角田重三朗. 1982. 水稻苗の低温活着性とその品種間差異. 日作東北支部報. 25: 11-14.
- Chujo, H. 1966. The effect of diurnal variation of temperature on vernalization in wheat. Proc. Crop Sci. Soc. Japan 35:187-194.
- Crider, F. J. 1955. Root-growth stoppage resulting from defoliation of grass. U.S.D. A. Tech. Bull. No. 1102.
- 藤岡 修・大森定夫・紺屋朋子・本庄 求・松本 弘・木暮朋晃. 2014. 高効率ネギ調製機の開発(第1報)ー空気噴射量を節減できる皮むき用ノズルと皮むきと同時にを行う太さ判別技術ー. 農業食料工学会誌. 76: 78-85.
- 藤重宣昭. 1993. 花芽分化と抽苔. p. 122-133. 新蔬菜園芸学. 朝倉書店. 東京.
- フレッシュリミックス株式会社. 2014. 秋田県美人ネギ(夏ねぎ)2014 スーパーでの販売テスト結果. p. 1-11.
- 林 哲央・阿部珠代・日笠裕治. 2006. 冬春どり施設軟白ネギの乾物生産および養分吸収特性. 土肥誌. 77: 683-686.
- 林 哲央・日笠裕治・坂本宣崇. 2003. 施設軟白ネギの乾物生産特性に基づく窒素施肥法. 土肥誌. 74: 407-414.



- 本庄 求. 2014. 秋田県での作型と栽培技術. p. 150-156. 新訂 ネギの生理生態と生産事例. 誠文堂新光社. 東京.
- 本庄 求・武田 悟. 2009. 寒冷地でのセル大苗育苗によるネギの早期収穫のために有利な苗の条件. 園学研. 8 (別2) : 469.
- 本庄 求・武田 悟・加賀屋博行. 2006. ネギのハウス越冬育苗による7月どり栽培. 東北農研. 59: 247-248.
- 本庄 求・武田 悟・進藤勇人・齋藤雅憲・片平光彦・屋代幹雄. 2011. ネギの育苗時の剪葉が定植後の生育及び商品収量に及ぼす影響. 園学要旨. 平成 23 東北支部: 37-38.
- 本間利光・江村 学・舟越昭夫. 1999. 新潟県における秋まきねぎの花芽分化と抽苔について. 新潟農総研報. 1: 39-48.
- 星川清親・庄司駒男. 1982. 水稻苗の剪葉効果について. 日作東北支部報. 25: 3-6.
- 稲川 裕・澤田一夫・加藤俊介・立川さやか. 1995. ネギの冬期育苗における夜温管理. 北農. 62: 31-36.
- 位田晴久・後藤丹十郎・浅平 端. 1988. ネギ品種の発芽ならびに初期生長におよぼす温度の影響. 園学要旨. 昭和 63 春: 324-325.
- 位田晴久・山崎 篤. 2014. 原種・来歴と品種分化. p. 10-17. 新訂 ネギの生理生態と生産事例. 誠文堂新光社. 東京.
- 位田晴久・山崎 篤・浅平 端. 1985a. ネギ品種の高温伸長性について. 園学要旨. 昭和 60 春: 180-181.
- 位田晴久・山崎 篤・浅平 端. 1985b. ネギ品種の低温伸長性について. 園学要旨. 昭和 60 秋: 152-153.
- 石黒嘉門. 1967. 越津ネギの生産安定と栽培省力化に関する研究. 愛知県園試研報. 6: 1-66.
- 石居企救男・細谷 毅. 1967. ネギの肥培管理法. 農業および園芸. 38: 1849-1853.
- 石居企救男・細谷 毅・柴 英雄・秋本俊夫. 1967. ネギ栽培における土じょう肥料に関する研究. 第2報 三要素の影響. 埼玉農試研報. 27: 80-89.
- 板木利隆・比企正治. 1957. 根深葱の栽培密度に関する試験. 神奈川農園研報. 5: 55-60.
- 岩崎泰史・中畝 誠・関口明男・岡安 正・生形藤一. 2008. ネギ平床移植機を利用した根深ネギの秋冬どり栽培技術. 埼玉農総研報. 8: 55-63.
- 加賀屋博行. 2009. 秋田県におけるネギの高品質生産システムに関する研究. 秋田農林水技セ農試研報. 49: 1-41.
- 加賀屋博行・吉川朝美・藤本順治. 1993. 秋田県における夏どりネギの育苗法と適品種. 東北農研. 46: 233-234.
- 加賀屋博行・菊池英樹・深井 誠. 1997. ネギの養分吸収に関する試験 (第2報) 夏どり作型, 秋冬どり作型の養分吸収と施肥法. 園学要旨. 平成 9 東北支部: 65-66.
- 片平光彦. 2013. 長ネギの側条施肥同時溝切り技術. 農機誌. 75: 119-123.
- 片平光彦・進藤勇人・本庄 求・屋代幹雄. 2009. 夏どりネギに対応したセル大苗移植栽培技術の確立 (第1報). 農業環境工学関連学会 2009 合同大会講演要旨集: I43.
- 加藤 徹. 1965. 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4報).

- 園学雑. 34: 51-57.
- 川城英夫. 1999. セル成型苗の施設, 資材, 用土. p. 225-227. 農業技術体系野菜編 8-①. 農文協. 東京.
- 北村四郎. 1950. 中國栽培植物の起源. 東方学報京都. 19: 76-101.
- 小林尚司・桐村義孝. 2001. タマネギセル成型苗での培養土組成・土詰め法, 苗床施肥量並びに葉先刈りが苗質に及ぼす影響. 近畿中国農研. 102: 32-35.
- 小林 渡・酒井雄行・中島一成. 1990. 屏風山砂丘地における根深ネギの栽培技術. 青森農試研報. 31: 59-72.
- 鯨 幸夫・神田巳季男. 1976. 作物の個体間競争に関する研究. 第1報 草型の違いと器官間相互作用. 日作紀. 45: 401-408.
- 熊沢三郎. 1972. 改著 総合 蔬菜園芸各論. p.280-292. 養賢堂. 東京.
- 草川知行・吉田俊郎. 2011. 秋まき冬どりダイコンの栽植密度と生育速度との関係. 園学研. 10 (別2) : 170.
- 桑鶴紀充・鮫島國親. 2004. 春どり根深ネギのトンネル被覆栽培に関する研究. 第1報 播種期と被覆方法. 九州農研. 66: 211.
- 前田幸二・宗円明久・金沢 伝. 1988. 小ネギの周年栽培に関する研究 (第1報) 播種時期が黒昇系‘わかさま黒’の品質及び収量に及ぼす影響. 高知園試研報. 4: 11-17.
- 森脇宏爾・山口久夫・勝又廣太郎. 1975. セリ科野菜の抽だい防止に関する研究 (第2報) 変温処理がニンジンの抽だい防止に及ぼす影響. 愛知農総試研報 B (園芸) . 7: 1-5.
- 村井正和・吉野 旭・実川三朗・内田 力. 1981. 根深ネギの分けつ要因について. 千葉原農研報. 3: 21-42.
- 農林水産省大臣官房統計部. 2009. 白ねぎ. p. 96. 平成19年産 品目別経営統計. 農林水産省. 東京.
- 野沢智裕・西澤登志樹. 2001. 屏風山地域におけるネギの秋播き・冬播き栽培技術. 青森農試研報. 38: 19-45.
- 奥田延幸・藤目幸擴. 2004. NFTにおけるネギの生育に及ぼす栽植密度の影響. 園学研. 3: 205-208.
- 小田部 裕・貝塚隆史・植田稔宏・折本善之・飯村 強. 2013. ネギの初夏どりハウス栽培における土壌の水管理と効率的窒素施肥法. 茨城農総セ園研報. 20: 19-26.
- 斎藤 隆. 1983. 蔬菜園芸学 マメ類・根菜・葉菜編. p.328-407. 農文協. 東京.
- 斎藤 隆. 2008. 野菜の生理・生態. p.204-206. 農文協. 東京.
- 佐々木裕二・阿部 隆. 1992. 春まき夏秋どりネギのは種期と育苗法. 東北農研. 45: 249-250.
- 佐藤 庚. 1968. 禾本科作物における剪葉後の生長回復過程に関する研究. 第2報 水稻剪葉直後の器官別の生長と組織内澱粉の消長. 日作紀. 38: 299-305.
- 施山紀男・高井隆次. 1982. ダイコンの抽台に及ぼす昼温の影響. 野菜試報. B4: 47-60.
- 霜田敬司・小林弘昌・龜田修二. 2010. 中山間地における白ネギ盆前出荷のための育苗方法. 近畿中国四国農研. 16: 69-73.
- 進藤勇人・大竹智美・片平光彦・本庄 求・斎藤雅憲・夏賀元康. 2014. 施肥溝切り機

- を用いたネギ栽培における生産性改善に関する研究(第1報). 農業食料工学会誌. 76: 533-540.
- 白岩裕隆. 2008. 初夏どりネギ栽培における安定多収のための抽苔抑制に関する生理学的研究. 鳥取園試特報. 11: 34-40.
- 白岩裕隆・鹿島美彦・板井章浩・田辺賢二. 2007a. 初夏どりネギ栽培におけるトンネル被覆と施肥方法が生育, 抽苔および収量に及ぼす影響. 園学研. 6: 53-57.
- 白岩裕隆・鹿島美彦・井上 浩・板井章浩・田辺賢二. 2005. 初夏どりネギ栽培における花芽分化時期の液肥が植物体の窒素レベル, 抽苔および収量に及ぼす影響. 園学研. 4: 411-415.
- 白岩裕隆・田辺賢二・鹿島美彦・板井章浩・井上 浩・福本明彦. 2007b. 電熱線によるネギの側条地中加温が抽苔および生育に及ぼす影響. 園学研. 6: 459-464.
- 宍戸良洋・斎藤 隆. 1976. タマネギの花芽形成に関する研究(第2報) 花芽形成における低温感応に対する苗の性状の影響. 園学雑. 45: 160-167.
- 総務省統計局. 2013. 平成24年産 野菜生産出荷統計. <<http://www.e-stat.go.jp>>.
- 総務省統計局. 2014. 平成24年生産農業所得統計. <<http://www.e-stat.go.jp>>.
- 田畑耕作・相星勝美. 1993. 暖地における根深ネギの春・夏どり栽培に関する研究. 第2報 秋まきトンネル栽培. 九州農研. 55: 176.
- 田畑耕作・常法和廣・相星勝美. 1992. 暖地における根深ネギの春・夏どり栽培に関する研究・第1報 品種と抽苔性及び脱春化処理の効果. 九州農研. 54: 215.
- 高樹英明. 1996. 鱗葉球類(ネギ類)の発育. p. 183-207. 斎藤 隆 編. 新版蔬菜園芸. 文永堂出版. 東京.
- 武田 悟. 2014. 土寄せ等栽培管理. p. 71-76. 新訂 ネギの生理生態と生産事例. 誠文堂新光社. 東京.
- 武田 悟・本庄 求. 2007. ネギ苗の剪葉, 剪根が移植後の生育に及ぼす影響. 園学研. 6 (別1): 197.
- 武田 悟・本庄 求. 2010. ネギ育苗時のチェーンポット種類と播種粒数が収穫期・品質・収量に及ぼす影響. 園学研. 9 (別2): 176.
- 田中有子・小山田 勉. 2000a. セル成型苗を利用した秋冬穫りネギの吸肥特性. 茨城農総セ園研報. 8: 13-18.
- 田中有子・小山田 勉. 2000b. セル成型苗利用による秋冬穫りネギの肥効調節型肥料を用いた全量基肥溝施肥法. 茨城農総セ園研報. 8: 19-26.
- テイツ, L・E. ザイガー. 2004. 植物生理学第3版(西谷和彦・島崎研一郎 監修). p. 567-597. 培風館. 東京.
- 常盤秀夫・石井睦美. 2002. 日長及び低温遭遇時の葉齢がネギの花芽分化に及ぼす影響. 東北農研. 55: 191-192.
- 土屋恭一. 1999. 連結ポット(チェーンポット)苗の育苗. p. 209-219. 農業技術体系野菜編8-①. 農文協. 東京.
- 渡辺 斉. 1955. 葱品種の花芽分化並びに抽苔性に関する研究. 京都大園研集録. 7: 101-108.

- 八鍬利郎・輿水 晋. 1969. ネギ属植物の花成に関する研究 (第 1 報) 温度, 日長と花房分化, 抽苔, 開花期との関係. 農業および園芸. 44:1131-1132.
- 山本由徳・久野訓弘. 1990. 水稻の植傷みに関する研究. 第 5 報 苗地上部の剪除処理が移植後の初期生育に及ぼす影響. 日作紀. 59: 312-320.
- 山本由徳・前田和美・林 喜三郎. 1978. 水稻の植傷みに関する研究. 第 1 報 移植後の初期生育に及ぼす苗の剪根程度の影響. 日作紀. 47: 31-38.
- 山本二美・松丸恒夫. 2007a. 夏どりネギにおけるチェーンポット内施肥の施肥窒素量と追肥窒素量の検討. 土肥誌. 78: 179-186.
- 山本二美・松丸恒夫. 2007b. ネギのチェーンポット内全量窒素施肥が生育および収量に及ぼす影響. 土肥誌. 78: 371-378.
- 山崎 篤. 2002. 花芽分化特性の解明に基づくネギの新作型開発. 京都大学学位論文.
- 山崎 篤. 2014. 花芽分化・抽だい. p. 87-97. 新訂 ネギの生理生態と生産事例. 誠文堂新光社. 東京.
- 山崎 篤・田中和夫. 2002. ネギの抽台に及ぼす地温の影響. 園学研. 1: 209-212.
- 山崎 篤・三浦周行・田中和夫. 1995. ネギの花芽分化における日長要求性とその品種間差. 園学雑. 64 (別 1) : 232-233.
- 山崎 篤・田中和夫・位田晴久. 2012. ネギの花芽分化に関わる植物体の生育ステージー特に葉数との関連についてー. 園学研. 11:257-263.
- Yamasaki, A., K. Tanaka, M. Yoshida and H. Miura. 2000a. Effects of day and night temperatures on flower-bud formation and bolting of Japanese bunching onion (*Allium fistulosum* L.). J. Japan. Soc. Hort. Sci. 69:40-46.
- Yamasaki, A., K. Tanaka, M. Yoshida and H. Miura. 2000b. Induction of devernialization in mid-season flowering cultivars of Japanese bunching onion (*Allium fistulosum* L.) by high day temperature. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 69:611-613.
- 山崎博子. 2014a. 本圃での生育特性. p. 60-70. 新訂 ネギの生理生態と生産事例. 誠文堂新光社. 東京.
- 山崎博子. 2014b. 養分吸収特性と施肥. p. 79-86. 新訂 ネギの生理生態と生産事例. 誠文堂新光社. 東京.
- 山崎博子・矢野孝喜・長菅香織・山崎 篤. 2004. ネギの分けつを促進する外部要因の検索 1. 株間, 施肥条件および育苗条件の影響. 園学雑. 73 (別 2) : 180.
- 野菜茶業研究所. 2010. 野菜茶業研究所研究資料第 5 号. 野菜の種類別作型一覧 (2009 年度版) . p. 235-242.
- 屋代幹雄. 2013. 長ネギのセル成型大苗育苗・移植技術. 農機誌. 75: 124-127.
- 屋代幹雄・片平光彦・進藤勇人・本庄 求・勝野志郎・大久保嘉彦. 2009. ネギのセル成型大苗に対応した育苗・移植技術の開発 (第 1 報) . 農業環境工学関連学会 2009 合同大会講演要旨集: I44.
- 吉原 泉. 2004. ハウス軟白ネギの抽だい抑制による初夏どり栽培法. 栃木農試研報. 53: 1-7.

吉岡邦雄・大越 聡. 1994. ペーパーポット育苗による根深ネギの夏秋どり栽培法. 東北農研. 47: 295-296.