寒冷地での無加温ハウス育苗によるネギの8月どり作型における 連結紙筒の株数の違いが生育と収量に及ぼす影響

本庄 求^{1,2*}・武田 悟¹・吉田康德²・金田吉弘²

¹ 秋田県農業試験場 010-1231 秋田市雄和

² 秋田県立大学大学院生物資源科学研究科 010-0195 秋田市下新城中野

Effects of Number of Seedlings in Chain Paper Pots on Growth and Yield for August-harvesting of Japanese Bunching Onion (*Allium fistulosum* L.) Using Seedlings Raised in Unheated Plastic House in Cold Regions

Motomu Honjo^{1,2*}, Satoru Takeda¹, Yasunori Yoshida² and Yoshihiro Kaneta²

¹ Akita Prefectural Agricultural Experiment Station, Yuwa, Akita 010-1231

² Graduate School of Bioresource Sciences, Akita Prefectural University, Shimoshinjo Nakano, Akita 010-0195

Abstract

We aimed to obtain large-sized Japanese bunching onion (*Allium fistulosum* L.) for August harvesting in cold regions, which were cultivated using seedlings grown in chain paper pots maintained in an unheated plastic house. For this, we investigated the effects of nitrogen application and the number of seedlings per cell in the chain paper pots on the growth, nitrogen uptake, and yield of Japanese bunching onion. Seedlings of Japanese bunching onion grown in chain paper pots were transplanted in a field, and subjected to three nitrogen application treatments: control (2.9 kg · a⁻¹; the standard application rate of nitrogen fertilizer in Akita Prefecture), heavy (3.5 kg · a⁻¹; 20% greater than the control), and light (2.3 kg · a⁻¹; 20% less than the control). The plant growth (number of emergent leaves, shoot weight, and leaf sheath diameter) under the heavy treatment was temporarily and slightly superior to both the control and light treatments during the middle-growth stage. However, the differences in plant growth among the treatments were not apparent by the harvest time. Hence, because there was no significant difference in yield among the treatments, we considered that the amount of nitrogen supplied under the light treatment was sufficient for plant growth. Different numbers of seedlings per cell (1, 2, and alternating 1 and 2 [1.5] seedlings) in chain paper pots resulted in differences in growth after planting and yield. With an increase in the number of seedlings per cell (1, 1.5, and 2 seedlings), we noted the increased inhibition of growth after planting, a decrease in the amount of nitrogen uptake per plant, and decrease in the fresh weight of shoots per plant. In contrast, the yield per area increased, because of an increase in the number of plants. The shoot weight was negatively correlated with the planting rate (plants · m⁻²), and positively correlated with the ground area covered by plants (cm²/plant). Thus, we observed a quadratic relation between the shoot weight and planting rate, and a linear relation between the shoot weight and ground area covered by plants.

Key Words : planting rate, recovery rate of nitrogen, shipping

キーワード : 窒素利用率, 栽植密度, 出荷

緒 言

秋田県では、園芸振興の一環として、ネギの経営規模の拡大と長期出荷体系の確立を目指している。具体的には、現在の主な作型である秋冬どり栽培に加えて、夏どり栽培の生産性を向上させる技術開発を行っている。寒冷地である秋田県の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、この作型では、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（能代市）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

2015年8月7日 受付. 2016年2月29日 受理.

本報告の一部は平成27年度春季大会で発表した.

* Corresponding author. E-mail: Honjou-Motomu@pref.akita.lg.jp

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年の販売実績と比較すると、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。著者らは、無加温ビニルハウスを活用して、10月上～中旬に128または200穴セルトレーに播種し、翌年の4月中旬に定植すると7月から収穫できる栽培技術を報告した(本庄ら, 2015)。この栽培技術では、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た。その結果、1株当たりの調製後の地上部重(以下、調製重と略記)が大きくなり、単価の高い2L規格の割合が増加した。ネギの出荷に要する作業工程では、1個体(本数)ごとに根切り・葉切り・皮むきを行うため、規格にかかわらず、1日当たりに出荷できるネギの本数が、面積拡大の制限要因となる(藤岡ら, 2014)。そのため、1穴当たりの株数を2本から1本に減らしても、秋田県における目標である $300\text{ kg} \cdot \text{a}^{-1}$ (秋田県農林水産部, 2014)以上の収量を維持できれば、重量の大きい規格の割合が高い方が有利になるため、収量とともに1株当たりの調製重も重要となる。

本研究では、セルトレー育苗で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の育苗に応用し、1穴当たりの株数を慣行の2本から減らして栽植密度を下げることによって($20 \sim 30\text{ 株} \cdot \text{m}^{-2}$)、8月どり作型において重量の大きい規格のネギを収穫することを検討した。また、施肥量については、慣行の栽植密度($40\text{ 株} \cdot \text{m}^{-2}$)を想定した施肥基準で行っていることから、本研究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も考慮する必要がある。しかし、これまで、ネギの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、生育への影響が大きいと考えられる窒素施肥量と栽植密度の関係について、水耕栽培による実験レベルで検討した報告(鯨・神田, 1976)と秋冬どり作型において収穫時の地上部重を検討した報告(山崎ら, 2004)などがあるだけで、収穫までの生育経過と窒素吸収量を詳細に調査した報告や本研究のように収穫期が高温となる夏どり作型で検討した報告はみあたらない。

そこで、本研究では、寒冷地での無加温のビニルハウスで連結紙筒を用いた育苗によるネギの8月どり作型の確立に資することを目的に、窒素施肥量と連結紙筒の1穴当た

り株数の違いが生育、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

本研究は秋田県秋田市雄和の秋田県農業試験場で実施した。供試品種は‘夏扇パワー’((株)サカタのタネ)とした。2013年11月1日に、連結紙筒(チェーンポット CP303(育苗箱当たりの穴数264穴)、(株)日本甜菜製糖)を展開した $30\text{ cm} \times 60\text{ cm}$ の育苗箱に園芸用育苗培土($\text{N}:\text{P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O} = 600:7,000:150\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、げんきくんネギ培土600、コープケミカル(株))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。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、その上に育苗箱を置いて育苗した。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、出芽揃い期まではビニルハウス内部の気温が 25°C 以上、出芽揃い期以降は 15°C 以上で換気を行った。育苗中のビニルハウス内の気温は、ハウス中央部の地上 150 cm の位置で平均 5.2°C 、最高 35.4°C 、最低 -7.5°C であった(データロガー(おんどとり Jr. RTR-52A, (株)ティアンドデイ)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穴当たり株数が1本と2本の苗をそれぞれ調査し、試験区名をそれぞれ1.5本-1区、1.5本-2区とした。防寒対策として、2014年1月6日～2月21日の午後4時～午前8時に幅 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被覆した。育苗中の連結紙筒の培土内の地温は、ハウス中央部の連結紙筒の上面から地下 2 cm の位置で平均 7.7°C 、最高 27.2°C 、最低 0.9°C であった(データロガー(おんどとり Jr. RTR-52A, (株)ティアンドデイ)を用いて計測)。かん水は、秋期(10月中旬～12月上旬)と春期(3月上旬～4月下旬)は1日に1回程度、冬期(12月中旬～2月下旬)は1～2週間に1回程度、培土の水分量に応じて上面から行った。追肥は液肥($\text{N}:\text{P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O} = 10:4:8$ 、くみあい尿素複合液肥2号、コープケミカル(株))を50倍に希釈し、2014年2月21日、3月13日および4月3日に育苗箱1箱当たり 500 mL 施用した。4月15日に非アロフェン質黒ボク土の圃場に、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 $20\text{ 株} \cdot \text{m}^{-2}$ 、1.5本区で $30\text{ 株} \cdot \text{m}^{-2}$ 、2本区で $40\text{ 株} \cdot \text{m}^{-2}$ であっ

第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本を調査し、1.5本－1区と1.5本－2区とした

た。施肥は化学肥料を用い、秋田県の施肥基準に基づき、硫酸アンモニウム、過リン酸石灰、塩化カリウムを基肥として、 $N:P_2O_5:K_2O=1.2:1.6:1.2\text{ kg}\cdot\text{a}^{-1}$ 施用した後、追肥を合計で $N:P_2O_5:K_2O=1.7:0.4:1.7\text{ kg}\cdot\text{a}^{-1}$ 施用し、標準区とした。基肥の施用前の土壌の化学性は、 $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ が 6.9、全炭素が $579\text{ mg}\cdot100\text{ g}^{-1}$ 乾土、全窒素が $36\text{ mg}\cdot100\text{ g}^{-1}$ 乾土、可給態リン酸 (P_2O_5) が $23\text{ mg}\cdot100\text{ g}^{-1}$ 乾土、交換性カリウム (K_2O) が $63\text{ mg}\cdot100\text{ g}^{-1}$ 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 $0.3\text{ kg}\cdot\text{a}^{-1}$ 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基肥と追肥の窒素成分量の合計は、多肥区 $3.5\text{ kg}\cdot\text{a}^{-1}$ 、標準区で $2.9\text{ kg}\cdot\text{a}^{-1}$ および少肥区で $2.3\text{ kg}\cdot\text{a}^{-1}$ とした。土寄せは合計で5回行い、最終の土寄せは7月20日に茎盤から高さ 27 cm まで行った。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^2 、1.5本区は 10 m^2 の面積で行った。また、施肥窒素の利用度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用量は多肥区、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、各処理区とも3つの育苗箱から、1箱当たり10個体ずつ採取して、定植期の生育として発芽時からの本葉の出葉数、1株当たりの地上部重（葉身部と葉鞘部の重量）、葉鞘径（葉鞘中央部の葉序と平行した径）および草丈を調査した。定植後は、各処理区の連続した10個体について、出葉数が確認できるように、新たに展開した葉身に定期的にマジックインクで目印をつけた。5月15日、6月4日、7月3日、8月12日および8月26日に本葉数を調査した。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。なお、試験圃場の南北に植えたネギを北側から順に採取し、採取後に残ったネギの生育が、採取に伴う栽植密度の低下の影響を受けないように注意した。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。定植後に採取して生育調査を行った個体から、5月15日と6月4日は10個体、7月3日、8月12日および8月26日は任意に選んだ3個体を 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 30 mg を秤量し、 C/N コーダー（SumigraphNC-22F, (株)住友分析センター）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。収量調査は、8月12日と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60 cm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、各処理区に化学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. 連結紙筒による無加温ハウス育苗の実用性

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、2.6 g および 4.5 mm と最も大きかった。次いで1.5－1本区、1.5－2本区の順に大きく、2本区では、それぞれ2.8枚、1.5 g および 3.3 mm 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1表）。しかし、草丈は、1.5本区で30～33 cm と長く、1本区と2本区では26～27 cm と同程度に短く、草丈と栽植密度との関係は不明瞭であった。前報（本庄ら, 2015）で、本研究と同時期の11月4日に128または200穴セルトレーに播種し、1穴当たり株数を1または2本で育苗した場合の定植時の出葉数、地上部重、葉鞘径および草丈と比較すると、本研究の苗が、やや小さかった。しかし、定植時の苗を大きくするため、本研究の11月1日より早い播種日を想定した場合、連結紙筒は264穴

第1表 定植期の生育^z

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

^z 調査日4月16日

^y 平均値±標準誤差 (n=3)

^x 異なる英文字間には5%水準で有意差あり (Tukey 法)

第2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)

英文字は凡例順に付しており, 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)

と128または200穴セルトレーより栽植密植が高いことから, 徒長しすぎれば, 前報(本庄ら, 2015)で指摘した実用性で課題となる剪葉処理が必要となり, ネギの生育を抑制(本庄ら, 2016)するとともに, 育苗労力の増大につながる事が考えられる。前報(本庄ら, 2015)では, 連結紙筒より栽植密度が低い200穴セルトレーの10月1日播種でも, 1穴当たり株数が1または2本とも, 剪葉が必要であった。従って, 連結紙筒での実用的な播種時期は, 早くても10月中～下旬までと考えられた。

2. 窒素施肥量と1穴当たり株数の違いが生育と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2図)。定植後の出葉数は, いずれの処理区とも, 8月12日～26日に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, 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日～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より大きく, 7月3日では多肥区が166gと少肥区の147gより大きかった。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とおして認められ, 収穫期の8月12日の地上部重で比較すると1本区で389gと最も大きく, 次いで1.5本-1区で298g, 1.5本-2区で274gと順に大きく, 2本区では250gと最も小さかった。

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日～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とおして認められ, 8月12日の葉鞘径で比較すると1本区で25.3mmと最も太く, 次いで1.5本-1区で21.7mm, 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 日～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とおして一定の傾向を示さず、各処理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。

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。収穫期でも、1 穴当たり株数の影響が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、生育期間をとおして 1 穴当たり株数の影響が認められた。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、鯨・神田 (1976) は水耕栽培における 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、山崎ら (2004) は秋冬どり作型における収穫時の地上部重には、窒素施肥量よりも栽植密度が強く影響することを報告している。また、慣行の施肥条件では、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報告されている (板木・比企, 1957; 奥田・藤目, 2004)。本研究では、少肥区でもネギの生育に十分な施肥条件であったと考えられたため、このような条件では、地上部重や葉鞘径などの生育には、窒素施肥量より栽植密度が大きく影響を及ぼすことが示された。

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 3 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 日～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

第 3 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)
 英文字は凡例順に示しており、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)

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 (2000) がネギの秋冬どり作型で、山本・松丸 (2007b) がネギの夏どり作型で報告しているように、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の内容と一致した。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。

これまでの研究では、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く (田中・小山田, 2000), 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が（山崎，2014b），第2表に示されるように本研究の無窒素区の窒素吸収量が成分量で $0.47 \sim 0.53 \text{ kg} \cdot \text{a}^{-1}$ の土壌条件では、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、施肥の効果には土壌中の窒素の成分量が関連す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、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。しかし、面積（1a）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, b）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差が認められなかったことから、施用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3表）。8月12日～26日に、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 $209 \sim 220 \text{ g}$ と最も大きく、次いで1.5本区で $167 \sim 170 \text{ g}$ 、2本区では $151 \sim 160 \text{ g}$ と最も小さい傾向であった。8月12日の2L規格の割合は1本区で $88 \sim 96\%$ と高く、次いで1.5本区で $25 \sim 40\%$ 、2本区で $4 \sim 21\%$ 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 $603 \sim 641 \text{ kg} \cdot \text{a}^{-1}$ と最も高く、次いで1.5本区で $500 \sim 510 \text{ kg} \cdot \text{a}^{-1}$ 、1本区では $418 \sim 440 \text{ kg} \cdot \text{a}^{-1}$ と最も低い傾向であった。

8月どり作型では、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月どり作型でも、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、秋田県の夏どり作型の目標である $300 \text{ kg} \cdot \text{a}^{-1}$ より高いものの、2本区と比較して $69 \sim 73\%$ 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1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本区の反復ごとの全データをプロットし、栽植密度（株・ m^{-2} ）と、1株当たりの占有面積（ $\text{cm}^2/\text{株}$ ）との関係を検討した（第4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、肥大を促進するためには、さらに栽植密度を下げる必要があると考えられた。

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 100 cm と広い。一方、1株当たりに換算した株間は、1本区で 5 cm 、2本区で 2.5 cm 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に 2.5 cm 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 $88 \sim$

第2表 窒素施肥量と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				8月26日											
窒素 施肥量 (A)	1穴当たり 株数 (B)	窒素吸収量		施肥窒素吸収量 ^z		施肥窒素量 ^y		施肥窒素 利用率 ^x		窒素吸収量		施肥窒素吸収量		施肥窒素量 (g/株)		施肥窒素 利用率 (%)	
		(g/株)	(kg・a ⁻¹)	(g/株)	(kg・a ⁻¹)	(g/株)	(kg・a ⁻¹)	(%)	(g/株)	(kg・a ⁻¹)	(g/株)	(kg・a ⁻¹)	(g/株)	(kg・a ⁻¹)	(g/株)	(kg・a ⁻¹)	(%)
多肥	1本	0.60 a ^w	1.20 b	0.37 a	0.73 b	1.56	3.12	23.5 b	0.72 a	1.43 b	0.42 a	0.84 b	1.74	3.48	24.1 b		
	1.5本	0.44 b	1.32 ab	0.27 b	0.80 ab	1.04	3.12	25.5 ab	0.53 b	1.60 ab	0.36 ab	1.08 ab	1.16	3.48	31.1 a		
	2本	0.35 b	1.41 a	0.22 b	0.89 a	0.78	3.12	28.4 a	0.43 b	1.74 a	0.29 b	1.16 a	0.87	3.48	33.3 a		
標準	1本	0.58 a	1.15 b	0.34 a	0.69 b	1.30	2.60	26.5 b	0.63 a	1.25 c	0.33 a	0.66 b	1.45	2.90	22.6 b		
	1.5本	0.43 b	1.28 ab	0.25 b	0.75 ab	0.87	2.60	29.0 ab	0.49 b	1.48 b	0.32 a	0.97 a	0.97	2.90	33.5 a		
	2本	0.36 b	1.43 a	0.22 b	0.90 a	0.65	2.60	34.6 a	0.41 c	1.63 a	0.26 b	1.05 a	0.73	2.90	36.2 a		
少肥	1本	0.60 a	1.20 b	0.37 a	0.74 b	1.04	2.08	35.5 b	0.63 a	1.27 b	0.34 a	0.67 b	1.16	2.32	28.9 b		
	1.5本	0.45 b	1.35 b	0.28 b	0.83 ab	0.69	2.08	39.9 ab	0.48 ab	1.44 ab	0.31 ab	0.93 a	0.77	2.32	40.0 a		
	2本	0.39 b	1.55 a	0.26 b	1.02 a	0.52	2.08	49.1 a	0.40 b	1.60 a	0.25 b	1.02 a	0.58	2.32	43.8 a		
無窒素	1本	0.23	0.47	—	—	—	—	—	0.30	0.60	—	—	—	—	—		
	1.5本	0.17	0.52	—	—	—	—	—	0.17	0.51	—	—	—	—	—		
	2本	0.13	0.53	—	—	—	—	—	0.15	0.58	—	—	—	—	—		
施肥量 (A) ^y 株数 (B) A × B	ns	ns	ns	ns	ns	—	—	**	ns	ns	ns	ns	—	—	*		
	**	**	**	*	**	—	—	*	**	**	**	**	—	—	**		
	ns	ns	ns	ns	ns	—	—	ns	ns	ns	ns	ns	—	—	ns		

^z 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^y 化学肥料で施肥された窒素量^x 施肥窒素量に対する施肥窒素吸収量の割合^w 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)^v 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, — は検定なしを示す, 無窒素区は除いた (2元配置分散分析)

第3表 窒素施肥量と1穴当たり株数が収量に及ぼす影響

試験区			8月12日							8月26日						
窒素 施肥量	1穴当たり 株数	a当たり 本数	調製後 ^z 地上部重	収量	規格別比率 ^y				調製後 地上部重	収量	規格別比率					
(A)	(B)		(g/株)	(kg・a ⁻¹)	2L	L	M	S	(g/株)	(kg・a ⁻¹)	2L	L	M	S		
多肥	1本	2,000	220±9 ^x a ^w	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) ^v			ns	ns	—	—	—	—	ns	ns	—	—	—	—		
株数(B)			**	**	—	—	—	—	**	**	—	—	—	—		
A×B			ns	ns	—	—	—	—	ns	ns	—	—	—	—		

^z 葉数 2.5～3.5枚, 長さ 60cm に調製^y 2Lは調製後の地上部重が180g以上, Lは120g以上180g未満, Mは80g以上120g未満, Sは80g未満^x 各平均値±標準誤差 (n=3)^w 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)^v 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, —は検定なしを示す (2元配置分散分析)

第4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

R²は近似式の決定係数を示す

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.

本研究では, 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月どり作型で, 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月どり作型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.

摘 要

寒冷地での無加温ハウス育苗によるネギの8月どり作型において、重量の大きい規格のネギを収穫することを目的として、窒素施肥量と連結紙筒の1穴当たり株数の違いが生育、窒素吸収量および収量に及ぼす影響を検討した。窒素施肥量の違いについては、標準区 ($2.9 \text{ kg} \cdot \text{a}^{-1}$, 秋田県の標準の施肥量), 多肥区 ($3.5 \text{ kg} \cdot \text{a}^{-1}$, 標準区の20%増肥), 少肥区 ($2.3 \text{ kg} \cdot \text{a}^{-1}$, 標準区の20%減肥) の3区とした。その結果、生育途中には多肥区の地上部重、葉鞘径および草丈がやや大きい時期があったが、少肥区でも生育に十分な窒素施肥量であったことから、収穫期には窒素施肥量の影響は認められなくなり、いずれの処理区でも生育や収量に大きな差がみられなかった。連結紙筒の1穴当たり株数の違いでは、1本区、2本区および1.5本区(1本と2本の交互)の間に定植後の生育や収量に差が認められた。1穴当たり株数が1本、1本と2本の交互および2本と増加するほど、定植後の生育の抑制が大きくなり、1株当たりの窒素吸収量が減少し、1株当たりの地上部重が減少した。一方、面積当たりの収量は、1穴当たり株数が多いほど増加した。調製重は栽植密度 ($\text{株} \cdot \text{m}^{-2}$) と負の相関が認められ、反対に、1株当たりの占有面積 ($\text{cm}^2/\text{株}$) 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、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た。

引用文献

- 秋田県農林水産部. 2014. 作目別技術・経営指標. p. 154–156.
- Brewster, J. L. 2008. Onions and other vegetable Alliums 2nd edition. p. 85–169. CAB International, Wallingford, UK.
- 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) 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行う太さ判別技術. 農業食料工学会誌. 76: 78–85.
- 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・武田 悟・片平光彦・屋代幹雄・進藤勇人・齋藤雅憲・吉田康徳・高橋春實・金田吉弘. 2015. 寒冷地での夏どりネギ栽培に向けた無加温ビニルハウスにおけるセルトレー育苗条件が生育と収量に及ぼす影響. 園学研. 14: 25–35.
- 本庄 求・武田 悟・吉田康徳・金田吉弘. 2016. ネギの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. 園学研. 15: 11–17.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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・藤目幸廣. 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分管理と効率的窒素施肥法. 茨城農総セ園研報. 20: 19–26.
- 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.
- 田中有子・小山田 勉. 2000. 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.
- 土屋恭一. 1999. 連結ポット (チェーンポット) 苗の育苗. p. 209–211. 農業技術大系野菜編 8-①. 農文協. 東京.
- 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. ネギの分げ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.