

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

阿部 珠代*¹ 中住 晴彦*¹

ネギの花芽分化に必要な低温遭遇時間と最適温度の品種間差異について検討した。供試した11品種は、花芽分化に至る低温遭遇時間とその最適温度の違いから2タイプに分けた。「いさお」、「NS-9811」、「長悦」は花芽分化の最適温度が5℃と低く、低温遭遇時間が960時間でも花芽分化率は低かった(タイプ1)。その他の品種は5~7.5℃が最適温度であり、640時間以下の低温遭遇でも花芽分化が促進された(タイプ2)。ネギの簡易軟白栽培における冬~春どり作型では、5~15℃の気温に遭遇する機会が最も多かった。そのため、タイプ1のように花芽分化の最適温度が低く、遭遇時間を多く要する品種では、加温時期・温度の設定等で花芽分化時期を制御できると推測されたが、タイプ2の品種では花芽分化の制御が困難と考えられた。

緒 言

ネギ (*Allium fistulosum* L.) は、一定の大きさに達した個体が15℃以下の低温^{1), 2)}や短日条件³⁾に遭遇することで花芽分化が促進される、緑植物低温感応型の作物とされている⁴⁾。花芽分化後は、高温と長日条件により抽だいが促進されるが、花らいが外部に現れるとネギの商品価値が失われる。

冬期に降雪が少ない道南地域では、パイプハウスを利用したネギの簡易軟白栽培が周年的に行われている。このうち、3~4月収穫を目標とした冬~春どり作型では、前年の8~9月に定植して厳冬期を経過し、長期間低温に遭遇するため、収穫期の抽だいが問題となっている。これまでは抽だいが遅い「長悦」などの品種を導入して花らい抽出被害の軽減を図ってきたが、加温時期や温度の設定等、栽培管理上の対策を導入し、より安定的に抽だいを制御する技術の確立が求められている。そのためには、花芽分化を促進させる温度やその低温遭遇時間を明らかにしなければならない。

ネギは花芽分化の難易に関して品種間差が確認されており^{4), 5)}、より一層の晩抽性を備えた新たな品種の選定・導入を図ることは被害軽減対策上必要不可欠である。しかし、近年育成された品種に関する情報は少なく、またほとんどが道外で育成されているため、花芽分化や抽だいのような温度・日長条件に関わる問題につい

ては、本道の気象条件下で検証を行う必要がある。そこで本研究では、近年育成された品種を中心に、花芽分化を促す温度と低温遭遇時間および品種間差を検討した。

試験方法

1. 花らい抽出時期の品種間差異

道南農業試験場(中粗粒褐色低地土)のハウスほ場において1999年、2000年に合計11品種・系統(表1)を栽培し、花らい抽出時期とハウス内の温度を調査した。1999年は6月29日には種して9月3日定植、2000年は7月7日は種、9月12日定植とした。栽植様式は株間4.0cm、条間30cmで4条植えとし、生育期間中の培土は行わず簡易軟白方式で栽培した(図1)。軟白処理は、葉しょう径1.5~1.8cm、草丈90cmを目安として開始した。収穫は葉しょう部が45cm程度に伸長した時点で品種毎に行った。そのため、収穫期は両年とも3月中旬~4月中旬となった。

花らい抽出については、1999年は種において外観上花らいが確認された時期を記録し、品種毎に割合を算出した。2000年は種では、花芽分化の程度の品種間差を確認するために6品種(「龍翔」、「金長3号」、「元蔵」、「耐寒全州」、「長悦」、「NS-9811」)を選び、12月26日、1月17日、2月5日に各品種16個体を掘り取って花芽の有無と花茎の長さを確認した。花芽分化については本間ら⁶⁾の分類に従い、包葉形成期以降を花芽分化したものと判断した。

ハウス内の気温は、1999年にサーモレコーダー(おんどとり; TR-71, T & D)により記録した。センサーは地表から高さ20cmに設置し、10月6日~翌年4月13日まで30分間隔で記録した。

2004年1月15日受理

*¹ 北海道立道南農業試験場(041-1201, 北海道亀田郡大野町本町)

E-mail:atama@agri.pref.hokkaido.jp

いずれの試験年次とも、秋期よりハウス内部に保温カーテンを設置し、最低気温5℃以上を目標として温風暖房により加温した。

表1 供試品種および系統の概略

No.	品種および系統名	品種群 ¹⁾
1	NS-9811	合黒系OP
2	いさお	合黒系OP
3	金長3号	合柄系OP
4	元蔵	黒柄系OP
5	秀逸	合黒系F ₁
6	耐寒全州	合黒系F ₁
7	長悦	合黒系OP
8	冬一心	黒柄系F ₁
9	冬扇3号	合黒系F ₁
10	竜宮一本	合黒系OP
11	龍翔	合黒系F ₁

1) 野菜茶業試験場野菜育種部研究年報(平成9年度)および種子提供メーカーの情報による。

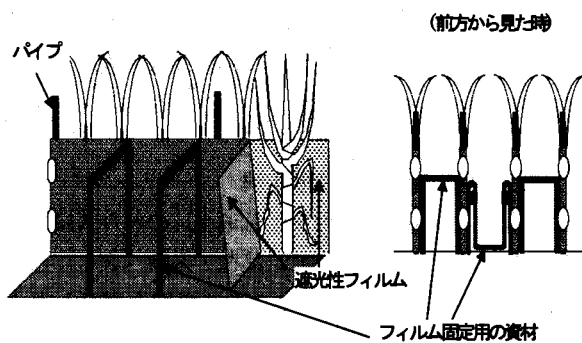


図1 軟白用遮光性フィルム設置の様子

2. 花芽分化を促進する温度と遭遇時間

花芽分化に影響をおよぼす低温条件および遭遇時間を

表2 収穫までの花らい抽出株率の推移(%) (1999年は種)

品種および系統名	花らい抽出株率(%)						収穫日
	2/25	3/10	3/14	3/21	3/29	4/3	
金長3号	1	9	9	—	—	—	3/16
元蔵	1	9	9	30	—	—	3/26
冬一心	1	6	6	25	42	—	3/30
龍翔	0	2	2	—	—	—	3/16
竜宮一本	0	2	2	11	30	—	3/30
耐寒全州	0	1	1	13	34	—	3/30
秀逸	0	1	1	2	—	—	3/26
長悦	0	0	0	0	1	3	4/5
いさお	0	0	0	0	1	1	4/13
NS-9811	0	0	0	0	1	—	3/30
冬扇3号	0	0	0	—	—	—	3/18

花らい抽出が早い順に表記した。表中の—は収穫終了後であることを示す。

調査するため、人工気象室を使用して夜間低温処理を行った。試験には表1の11品種を供試した。

2000年6月22日には種、8月15日に園芸用培土を充てんしたミニプランター(27×15×12cm)へ、各品種を8個体ずつ移植した。処理開始までは施設内で日長、温度とも無処理とし、9月25日に人工気象室へ搬入して処理を開始した。処理時間は17時～翌日9時の暗黒下で16時間とし、温度を5.0、7.5および11℃に設定した。処理時間以外は20℃一定とした。処理期間はそれぞれ25日間(低温遭遇;400時間)、40日間(同640時間)とした。また、ほ場での観察から抽だいが遅いと思われた「龍翔」、「秀逸」、「長悦」、「いさお」、「NS-9811」、「冬扇3号」では、60日間(同960時間)の処理も加えた。処理終了後は最低気温15℃以上を確保したガラス温室へ移動し、処理終了20日後に葉しょう部を切り開いて花芽分化の状況を確認した。

結 果

1. ほ場における花芽分化・花らい抽出

1999年は種の調査では、花らい抽出の経過が品種毎に異なった(表2)。「龍翔」、「秀逸」、「長悦」、「いさお」、「NS-9811」、「冬扇3号」は花らい抽出に至らないか、または花らい抽出が極少ない状態で収穫となったが、他の品種は収穫前に花らい抽出株率が5%以上となった。

2000年は種で行った花芽分化調査では、12月26日の時点で6品種すべてに花芽分化が確認されたが、「長悦」と「NS-9811」は花芽分化率25%以下と低率であった(図2)。一方、その他の品種では75~100%の割合で花芽が確認された。しかし、「長悦」と「NS-9811」においても、その後花芽分化率が高まり、2月5日の調査において約90%の個体で花芽分化が確認された。

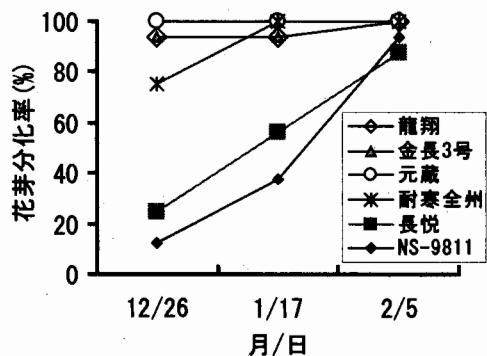


図2 各品種における花芽分化率の推移 (2000年は種)

花茎の長さは、12月26日において各品種とも1mm未満と短かったが、「龍翔」、「金長3号」、「元蔵」、「耐寒全州」では2月5日までに20~30mm程度に生長した(図3)。しかし、この時点では花茎が葉しょう部に隠れているため外観上の変化は無かった。これに対し「長悦」、「NS-9811」の花茎の長さは2月5日でも1~2mmで、「龍翔」、「金長3号」に比べ有意に短かった。

以上のように、花芽の分化時期と花らいの抽出時期には、明らかな品種間差が認められた。

2. パイプハウス内における低温遭遇時間の推移

パイプハウス内の低温遭遇時間を「5℃未満」、「5℃以上15℃未満」、「15℃以上25℃未満」及び「25℃以上」の4段階に区分し、各温度範囲に対する遭遇時間を積算して示した(図4)。栽培期間中に遭遇する温度範囲は、「5℃以上15℃未満」が最も多く、次いで「15℃以上25℃未満」、「5℃未満」、「25℃以上」の順となった。「5℃以上15℃未満」に対しては11月中旬までの間に690時間、12月上旬までの間に978時間遭遇した。

3. 夜間の低温が花芽分化に及ぼす影響

処理開始時の生育状況を表3に示した。いずれの品種も葉しょう径は4mm以上であった。

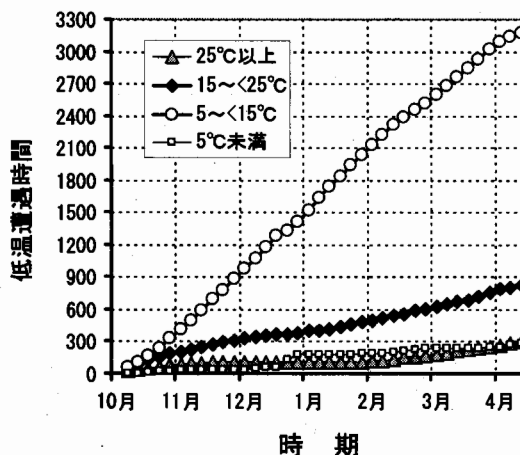


図4 ネギの生育に伴う低温遭遇時間の積算 (1999-2000年)

5℃以上に加温したパイプハウスにおける気温別遭遇時間を各月の半月ごとに算出し、積算した。

表3 処理開始時の生育

品種および系統名	草丈 (cm)	葉数 (枚)	葉鞘茎 (mm)
NS-9811	42.9	3.6	6.1
いさお	44.9	4.0	5.5
金長3号	38.8	3.8	4.3
元蔵	41.4	4.1	5.1
秀逸	43.6	3.9	5.0
耐寒全州	45.9	3.9	5.8
長悦	45.5	4.3	6.2
冬一心	37.9	3.8	4.4
冬扇3号	44.8	3.8	5.2
竜宮一本	36.3	4.1	4.6
龍翔	47.8	4.3	5.2

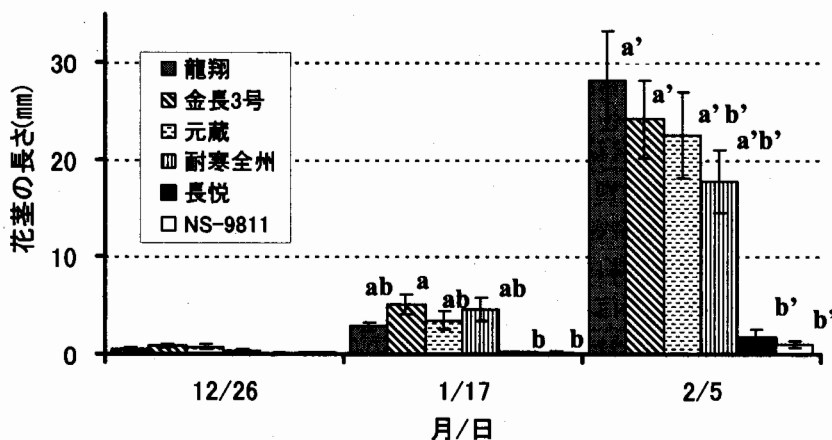


図3 各調査日における花茎の長さの品種間差 (2000年は種)

各調査日における花茎長 (mm)。互いに異なるアルファベット間には、各調査日において有意な差があることを示す (Tukey-Kramer method, $p < 0.05$)。図中のバーは標準誤差。

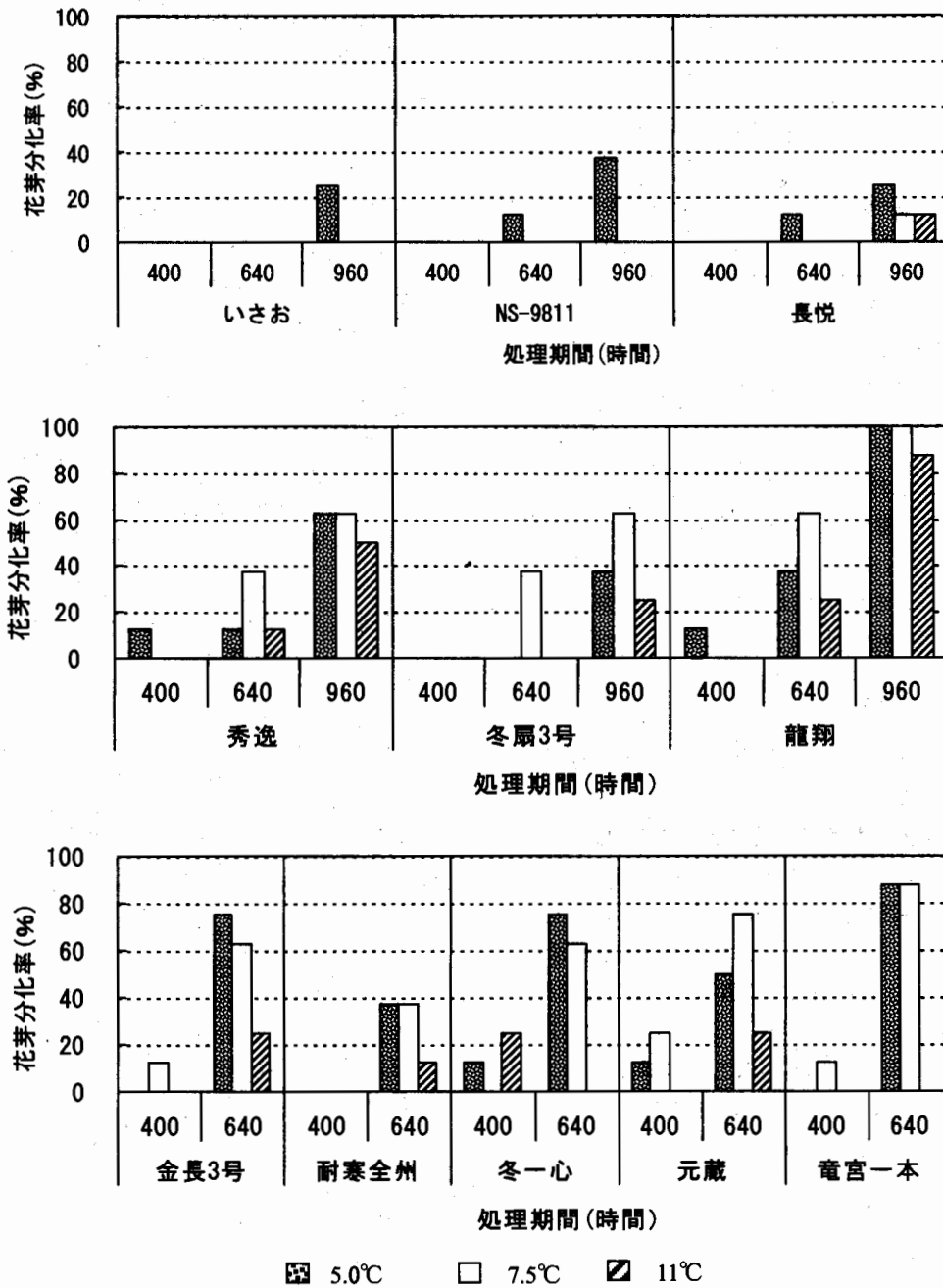


図5 品種別花芽分化率の推移
人工気象室を用いて16時間暗黒下で低温に遭遇させた時の花芽分化率 (%) の推移

花芽分化率は、いずれの品種とも、低温処理5℃、7.5℃に比べ、11℃で低い傾向にあった(図5)。供試した11品種のうち8品種については、低温処理期間40日(低温遭遇640時間)以下で40%程度の個体に花芽分化が認められた。これに対し「いさお」、「NS-9811」、「長悦」は、処理期間を60日(低温遭遇960時間)とした場合でも花芽分化率が40%以下と低かった(図5)。

処理温度では、「いさお」、「NS-9811」、「長悦」は、5℃の場合に花芽が分化したが、7.5℃、11℃ではほとんど分化しなかった。その他の品種では、5~7.5℃において花芽分化率が高く、11℃では低かった。

考 察

ネギの花芽分化に対する低温感応は、葉しょう径4~5mm前後から始まるとされているが⁶⁾、本試験の人工気象室搬入時にはほぼこの条件を満たしており、すべての品種が低温感応できる状態であったと考えられる。

人工気象室を用いた試験では、いずれの品種とも、低温処理5℃、7.5℃に比べ、11℃で花芽分化率が低い傾向にあった。しかし、11℃の場合にも時間経過とともに花芽分化率が高まることから、試験を行った5~11℃は花芽分化の促進に対して有効な低温条件と言える。ま

た、多くの品種は640時間以上の低温遭遇によって、高い割合で花芽を形成したが、「いさお」、「NS-9811」、「長悦」では、960時間の低温遭遇でも花芽分化率が低かった。従って、供試した品種は、花芽分化に必要な低温遭遇時間により、「いさお」、「NS-9811」、「長悦」の3品種（以下タイプ1とする）と、その他（以下タイプ2とする）とに大別することができる。これらはさらに、花芽分化の最適温度についても違いを示している。

花芽分化の最適温度は、最も短期間で花芽を形成させる温度範囲と考えることができる。タイプ1の品種では、処理温度が5℃の時、花芽分化が最も促進されることから、最適温度は5℃程度と考えられる。これに対しタイプ2の品種では、11℃における花芽分化率はやや低い、5℃と7.5℃における花芽分化時期と花芽分化率に大きな差はないことから、花芽分化の最適温度は5～7.5℃と思われる。

Yamasakiら¹⁰⁾は、ネギ品種「長悦」、「金長」、「浅黄九条」を用いて夜間低温処理を行い、3、7、11、15℃のうち、花芽分化が最も促進されたのはいずれの品種とも夜温7℃で、次いで3℃であったと報告している。本試験において、タイプ2で示されたように、5～7.5℃の温度が花芽分化を最も促進させたことは、この結果と一致する。しかし、タイプ1の結果から、品種によっては、やや低い範囲に最適温度が存在すると考えられる。ネギの花芽分化について、最適温度が品種間で異なるという報告は無いが、Yamasakiら¹⁰⁾も3～7℃の間を検討していないため、この点について言及しなかった可能性がある。花芽分化の最適温度が品種により異なる例は、同じ *Allium* 属のタマネギ⁹⁾、緑植物低温感応型であるオーチャードグラス⁹⁾でも報告されている。

以上のように、タイプ1とタイプ2では、花芽分化に必要な低温遭遇時間に加え、花芽分化の最適温度にも差があると考えられる。タイプ1とタイプ2の品種の分類を表4にまとめた。

5～11℃の低温がネギの花芽分化の促進に有効であることは、本試験で確認された。さらに、ネギの花芽分化は15℃程度でも促進されるとの報告があることから^{9), 10)}、花芽分化時期の目安として5～15℃への低温遭遇時間が有効と仮定する。5～15℃への遭遇時間（図4）と各タイプが花芽分化に必要なとする低温遭遇時間

（表4）から、タイプ1では12月上旬、タイプ2では11月中旬以降に花芽分化したと考えられる。

ネギはニンジン、ダイコンと同様、花芽分化後の高温により脱春化（devernalization）することが知られている。脱春化に必要な高温については品種間差が報告されており、「長悦」では20℃以上¹⁰⁾、その他の品種では30℃以上^{9), 11)}の高温が必要とされている。10月から11月上旬には20℃以上の温度に一日当たり6～8時間遭遇しており、少なくとも「長悦」ではこの期間に低温感応とその効果の打消しがあり、花芽分化が遅れた可能性がある。しかし、25℃以上に遭遇する機会は少なく（図4）、ほとんどの品種にとって脱春化が起こりにくい条件であったと思われる。

タイプ1はタイプ2に比べ花芽分化時期が遅く、ほ場での観察から、4月収穫でも花らい抽出が少ないことが示されている。しかし、タイプ1は外観上の変化が見られなくとも12月上旬以降は花芽分化している可能性が高く、栽培期間中の天候や収穫の遅れにより、収穫時の花らい抽出が多くなる場合も考えられる。タイプ1の花芽分化は5℃程度で最も促進されるため、加温温度を5℃より高く設定することで、花芽分化時期を遅らせることが可能と考えられる。また、育苗期間や定植直後については、脱春化を利用した抽だい抑制技術が確立されており⁹⁾、栽培期間にも応用が可能と思われる。このような技術を実用場面で適用するには、具体的方法を含め、更に検討が必要である。

タイプ2に該当する品種は、花芽分化に至る低温遭遇時間が共通して短く、花芽分化時期には大きな差が無いと考えられる。試験結果から示されるとおり、これらの品種は冬期としては比較的高い11℃でも、640～940時間の遭遇により、高い割合で花芽分化する。このような場合、加温温度を多少高く設定しても花芽分化可能な温度条件にとどまるため、花芽分化を遅らせることは困難と考えられる。

以上のことから、3～4月収穫のような収穫期の抽だいが問題となる作型では、花芽分化が遅いタイプ1の品種を導入することが有効と考えられる。

表4 花芽分化条件による品種の分類

タイプ	花芽分化に必要な低温遭遇時間	花芽分化に対する最適温度	該当する品種および系統名
1	960時間以上	5℃	いさお, NS-9811, 長悦
2	640時間以上	5～7.5℃	金長3号, 秀逸, 耐寒全州, 冬一心, 冬扇3号, 元蔵, 竜宮一本, 龍翔

謝 辞 本稿をとりまとめるに当たり、校閲いただいた道南農業試験場 谷川晃一 研究部長 (現 北見農業試験場 作物研究部長)、同技術普及部 川岸康司 主任専門技術員に深くお礼申し上げます。

引用文献

- 1) Brewster, J.L. "Onions and other vegetable Alliums". Wallingford, UK, CAB International, 1994, p.135.
- 2) Brewster, J.L. "Environmental physiology of the onion: towards quantitative models for the effects of photoperiod, temperature and irradiance on bulbing, flowering and growth". Acta. Hort. 433, 347-373 (1997).
- 3) 北海道立道南農業試験場. "ネギの冬季育苗における温度管理に関する試験". 北海道農政部. 平成6年普及奨励ならびに指導参考事項, 100-103 (1994).
- 4) 本間利光, 江村学, 船越昭夫. "新潟県における秋まきねぎの花芽分化と抽だいについて". 新潟県農業総合研究所研究報告. 1, 39-48 (1999).
- 5) 池谷文夫, 佐藤信之助, 川端習太郎, "オーチャードグラスの出穂制御に関する研究 I. 幼植物の春化のための最適温度". 草地試験場研究報告. 15, 49-58 (1979).
- 6) 稲川裕, 澤田一夫, 加藤俊介, 立川さやか. "ネギの冬期育苗における夜温管理". 北農. 62(1), 31-36 (1995).
- 7) 斉藤隆. "蔬菜園芸学 マメ類・根菜・葉菜編". 農文協, p.327-407 (1983).
- 8) 八鍬利郎, 輿水晋. "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 (7), 1131-1132 (1969).
- 9) 山崎篤, 三浦周行 "低温遭遇中の日長がネギの生育および抽台に及ぼす影響". 園学雑. 63(4), 805-810 (1995).
- 10) Yamasaki, A., Tanaka, K., Yoshida, M., Miura, H. "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(1), 40-46 (2000).
- 11) Yamasaki, A., Tanaka, K., Yoshida, M., Miura, H. "Induction of devernalization in mid-season flowering cultivars of Japanese bunching onion (*Allium fistulosum* L.) by high day temperature". J. Japan. Soc. Hort. Sci. 69(5), 611-613 (2000).

Varietal Differences Based on Low Temperature Requirements and the Optimum Temperatures for Vernalization in Japanese Bunching Onion

Tamayo ABE and Haruhiko NAKAZUMI

Summary

The characteristics of low temperature requirements and the optimum temperatures for flower-bud differentiation were studied in Japanese bunching onion (*Allium fistulosum* L.).

Eleven cultivars of Japanese bunching onion were exposed to different low temperatures (5, 7.5, and 11°C) for 16-h dark periods in a growth chamber. Each plant had sufficiently grown before the study so that they could respond to the low temperature. As a result, the frequency of flower-bud differentiation varied across the cultivars. In most of the cultivars, flower-bud differentiations were induced when they were exposed to 5, 7.5, and 11°C for 640 h. However, "Isao," "NS-9811," and "Cho-etsu" showed low frequencies of flower-bud differentiation even when they were exposed to these temperatures for 960 h. These three cultivars had also shown late flowering traits in a field. These cultivars seemed to have different characteristics in terms of low temperature requirement. Based on these results, the cultivars could be classified into two main groups: type-1 ("Isao," "NS-9811," and "Cho-etsu") and type-2 (the rest of eight cultivars).

The optimum temperature required for flower-bud differentiation also varied across these two groups. The optimum temperature for type-1 cultivars appeared to be 5°C; they could hardly form flower-buds at 7.5°C and 11°C. On the other hand, flower-bud differentiation was easily accelerated in type-2 cultivars at 5, 7.5, and 11°C and the optimal temperature range for this type was between 5 and 7.5°C. In case of winter-spring harvest Japanese bunching onion, the temperature range in a greenhouse is mostly between 5 and 15°C; therefore, it seemed to be quite difficult to avoid bolting of type-2 cultivars whose flower-bud differentiations were easily induced in this temperature range.

In conclusion, the use of type-1 cultivars could be more appropriate as winter-spring harvest cultivar since the control of bolting is available for them.

*1 Hokkaido Donan Agricultural Experiment Station

E-mail:atama@agri.pref.hokkaido.jp