‘イチョウイモ’の花穂と新芋の発育に及ぼす温度と日長の 組み合わせ処理の影響

吉田康德¹・清野貴将²・金浜耕基²

¹ 秋田県立農業短期大学 010-0451 南秋田郡大潟村 6

² 東北大学農学部 981-8555 仙台市青葉区堤通雨宮町

Combination Effects of Temperature and Photoperiod on the Development of flowering Spikes and Tubers in Chinese Yams (*Dioscorea opposita* cv. Ichoimo)

Yasunori Yoshida¹, Takamasa Seino² and Koki Kanahama²

¹ Akita Prefectural College of Agriculture, Ohgata, Akita 010-0445

² Faculty of Agriculture, Tohoku University, Aobaku, Sendai 981-8555

Summary

Combination effects of 17/12 °C, 24/19 °C, 30/25 °C and 35/30 °C and constant light vs 8-hr photoperiod on the development of flowering spikes and tubers in Chinese yams (*Dioscorea opposita* Thunb. cv. Ichoimo) were investigated.

1. Growth of the main shoot was promoted excessively by constant light in combination with 24/19 °C and 30/25 °C (day/night), but significantly inhibited by an 8-hr photoperiod at the same temperatures. Critical high temperature for shoot growth under constant light lies between 30/25 °C and 35/30 °C. Shoot growth ceased in all treatments except for 17/12 °C and 8-hr photoperiod. Shoot dieback occurred about 80 days after shoot elongation ceased.

2. Flowering spikes were initiated only on plants grown under 8-hr photoperiod at 35/30 °C, 30/25 °C and 24/19 °C. At 30/25 °C, 5 out of 8 plants developed spikes, whereas at 24/19 °C and 35/30 °C, only 3 out of 8 plants did.

3. Early development of aerial and new tubers was similarly promoted by short days under all temperatures treatments. The highest yield of tubers was attained in the 8-hr photoperiod with 24/19 °C; yield was moderate under 8-hr photoperiod in combination with 30/25 °C and 35/30 °C, and the lowest at 8-hr photoperiod and 17/12 °C. At the onset of shoot dieback, the highest yields of aerial and new tubers occurred under an 8-hr photoperiod and 30/25 °C and 24/19 °C as well as under constant light and 24/19 °C.

These data indicate that the development of aerial and new tubers was promoted under short days in combination with a moderate temperature, although their final weight was heaviest under constant light and 24/19 °C.

Key Words: *Dioscorea opposita*, photoperiod, spike, temperature, tuber.

緒 言

‘イチョウイモ’で優良系統を育成することを目的として交雑育種を行う場合、花穂の発育の要因を知ることは重要である。また、早期収穫、収量増加および栽培地域の拡大を考える場合、新芋の発育の要因を知ることも重要であるし、新芋の発育量はシュートの発育量と密接に関係しているとも考えることも必要である。

‘イチョウイモ’のシュートの発育に及ぼす要因のうち

で、温度と日長それぞれの影響についてみると、昼温/夜温が 30/25 °C、16 時間日長と 24 時間日長で最も促進され、次いで、24/19 °C で促進され、17/12 °C と 8 時間日長では抑制されるので、‘イチョウイモ’はシュートの発育に関して相対的高温・長日植物であるとみられる(吉田・金浜, 1999)。また、花穂の発育は、24/19 °C と 30/25 °C、16 時間日長と 24 時間日長で促進され、17/12 °C と 8 時間日長で抑制されるので、‘イチョウイモ’は花穂の発育に関して相対的高温・長日植物であるとみられる(吉田・金浜, 1999)。更に、新芋の発育開始時期は 24/19 °C、8 時間日長で最も早く、次いで 30/25 °C で早く、17/12 °C、16

時間日長と24時間日長では遅いので、‘イチョウイモ’は新芋の発育に関して相対的中・高温・短日植物であるとみられる。Garner・Allard(1923)も‘ナガイモ’のシュートの発育は長日で促進され、新芋の発育は短日で促進されると述べている。このように‘イチョウイモ’のシュート、花穂、新芋の発育は温度と日長それぞれに対して特異的に反応した(吉田・金浜, 1999)ので、温度と日長を組み合わせると、さらに詳細な反応がみられると期待されるが、これまでに‘イチョウイモ’で調べられた研究例はみられない。

ところで、イモ類においては、新芋の形成開始の早晩と新芋の収量に密接な関係のあることが知られている。ジャガイモにおいてシュートおよび新芋の発育可能期間が短い場合、新芋の重さは新芋の形成開始時期が早いと大きいし、シュートおよび新芋の発育可能期間が長い場合は、新芋の形成開始時期が遅くなるものの同化器官であるシュートの伸長が大きくなって、新芋が大きくなることが知られている(Gregory, 1965)。¹‘イチョウイモ’でも新芋の形成は短日で早まるがシュートの発育は長日で優れるので、シュートと新芋の発育適温が長い期間続く場合、新芋の最終重量は新芋の形成開始時期が長日で遅くなっても長日で大きくなることが予想される。しかし、前報(吉田・金浜, 1999)では、長日で新芋の最終重量が短日より幾分劣っていたが、その理由として、日長処理を6~10月に戸外(9:00~17:00)と20℃の人工光型ファイトトロン(17:00~9:00)内で行っていたために、シュートから新芋への同化養分の移行が完了する前に、戸外で秋冬期の低温に遭遇して枯れ上がったことが考えられる。

そこで、本報では、秋冬期の低温による生育途中での枯れ上がりを防ぐことも目的の1つとして、花穂と新芋の発育に及ぼす温度と日長を組み合わせ、その処理の影響を調べた。

材料および方法

1995年5月に植え付けて、11月から1996年2月までの間に掘り上げ、5℃で貯蔵しておいた‘イチョウイモ’を親芋として供試した。1996年4月上旬に、親芋の中央部から50gの大きさに切り分けて、再び貯蔵しておいたものを種芋として用いた。1996年4月から無加温ガラス室で約1ヶ月間かけて催芽した苗を5月14日に素焼きの10号鉢に定植した。定植後に発生した芽のうち最も旺盛に伸長した芽を1つの種芋に1本残して、便宜的にこれを主枝と呼んだ。主枝は2m 40cmの支柱にからませながら伸長させるとともに、主枝の頂部を30cm~1m程度垂直に伸ばしながら主枝の伸びに応じて随時つる下げを行った。培養土には基肥として土11当たり緩効性の化成肥料(N, P, Kがそれぞれ15%)を0.6g、苦土石灰を0.3g施肥し、追肥として7月下旬と8月下旬に1鉢当たり2g施肥した。灌水は適時行った。

昼温(6:00~18:00)/夜温(18:00~6:00)が24/19℃の自然光型ファイトトロン内で出芽させ、出芽後の6月3日から温度と日長の組み合わせ処理を開始した。温度処理区として、17/12℃、24/19℃、30/25℃および35/30℃の4区、日長処理区として、前報(吉田・金浜, 1999)で短日処理の影響が認められた8時間と長日処理の影響が認められた24時間の2区を組み合わせ、合計8つの処理区を設けた。両日長処理区とも、9:00~17:00まで自然光下で生育させ、17:00から翌日の9:00までシルバーポリフィルムで被覆した。24時間日長区では白熱灯(約 $2.0 \mu\text{mol} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$)で日長を延長した。各処理区8個体ずつ供試した。

結 果

主枝の長さは、全生育期間を通して、24/19℃と30/25℃の24時間日長で最も長く、次いで35/30℃の24時間日長、30/25℃の8時間日長、35/30℃の8時間日長、および24/19℃の8時間日長の順で長く、17/12℃の8時間日長と24時間日長では著しく短かった(第1図)。

主枝の伸長停止時期は、温度が同じ場合、8時間日長の方が24時間日長より早かった。8時間日長の場合は、24/19℃と30/25℃で早かったが、17/12℃と35/30℃では遅かった。24時間日長では温度による違いは不明瞭であった。

主枝の葉数も主枝の長さと同様に推移し、全生育期間を通して24/19℃と30/25℃の24時間日長で最も多く、次いで35/30℃と30/25℃の8時間日長、35/30℃の24時間日長、24/19℃の8時間日長の順で多く、17/12℃の8時間日長と24時間日長では著しく少なかった(第2図)。

花穂の発育は、主枝の伸長が著しく抑制された17/12℃

Fig. 1. Growth curves of the main shoot in Chinese yams exposed to different combinations of temperature and photoperiod. Vertical bars represent S. E. Arrows indicate the harvest period.

Table 1. Interaction between temperature and photoperiod on the development of flowering spikes in Chinese yams.

Temperature Day / Night (°C)	Photoperiod (hrs)	No. of plants observed	No. of plants developed spike	Node of the first spike	Node of the final spike	Total no. of spikes / Plant	Date of flower bud emergency	Date of shoot dieback
17/12	8	8	0	—	—	—	—	Sep. 26
17/12	24	8	0	—	—	—	—	Nov. 27
24/19	8	8	3	51.0a ^z	64.0a	12.3a	Jul. 1	Oct. 24
24/19	24	8	0	—	—	—	—	Dec. 13
30/25	8	8	5	52.8a	75.4a	18.0a	Jun. 24	Oct. 18
30/25	24	8	0	—	—	—	—	Dec. 10
35/30	8	8	3	59.3a	68.7a	8.7a	Jun. 24	Nov. 24
35/30	24	8	0	—	—	—	—	Dec. 4

^z Values in the same column followed by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$.

Fig. 2. Leaf initiation on the main shoot of Chinese yams exposed to different combinations of temperature and photoperiod. Vertical bars represent S. E. Arrows indicate harvest period.

の場合を除いて、8時間日長で認められ、24時間日長では認められなかった(第1表)。花穂の発育した個体の割合は、30/25℃で多く、供試した8個体中の5個体(5/8と略記)であった。次いで24/19℃と35/30℃で割合が多く、共に3/8であった。第1花穂分化節位、最終花穂分化節位および1株当たり花穂数に温度の違いは明瞭でなかったが、第1花穂分化節位は温度が高いと高くなるものとみられた。最終花穂分化節位は、主枝の長さが最も長く、葉数が最も多かった30/25℃で最も高く、その前後の温度で低かった。その結果として、1株当たり花穂数は30/25℃で最も多く、35/30℃と24/19℃で少なかった。出蕾日は30/25℃と35/30℃で6月24日と最も早く、24/19℃では7月1日と遅かった。シュートの枯れ上がり日は温度が高いと遅いものとみられた。いずれの温度でも8時間日長が24時間日長より枯れ上がり日が早かった。

Fig. 3. Interaction between temperature and photoperiod on the fresh weight of the aerial and new tubers in Chinese yams. Data collected Sep. 5.

ムカゴの形成は、9月5日掘り上げ時に、17/12℃を除くいずれの温度と日長処理区でも認められ、特に8時間日長の24/19℃と30/25℃で最も大きく、次いで35/30℃で大きかった(第3図)。24時間日長でもムカゴの形成は認められたが、8時間日長に比べて小さかった。また、データには示していないが、ムカゴの数も24時間日長では8時間日長に比べて著しく少なかった。新芋の形成は9月5日掘り上げ時にすでに認められ、特に8時間日長の24/19℃で最も大きく、次いで30/25℃、35/30℃の順で大きく、17/12℃では著しく小さかった。24時間日長でも新芋の形成は認められたが、8時間日長と比べて小さく、温度処理区間で差は認められなかった。ムカゴ重と新芋重を加えた合計重としてみると、新芋重とほぼ同様の傾向が認められた。

シュート枯れ上がり時のムカゴの新鮮重は、いずれの温度と日長の処理区とも9月5日掘り上げ時と比べて小さくなったが、特に24時間日長の24/19℃と8時間日長の

Fig. 4. Interaction between temperature and photoperiod on the fresh weight of the aerial and new tubers in Chinese yams. Data collected at the onset of shoot dieback.

30/25℃と35/30℃が大きく、次いで8時間日長の24/19℃と24時間日長の30/25℃が大きかった(第4図)。両日長区とも17/12℃ではシュート枯れ上がり時でも全くムカゴが形成されていなかった。新芋の新鮮重は、8時間日長の場合は9月5日と比べて17/12℃で増加したが、他の温度では9月5日とほぼ等しかった。24時間日長の場合は9月5日と比べて、いずれの温度でも大きく増加して、35/30℃で最も大きく、次いで17/12℃、24/19℃、30/25℃の順で大きかった。ムカゴと新芋を加えた合計重としてみると、8時間日長の24/19℃と30/25℃および24時間日長の24/19℃で最も大きく、次いで8時間日長の35/30℃と24時間日長の30/25℃と35/30℃が大きく、8時間日長と24時間日長の17/12℃では小さかった。

9月5日掘り上げ時の各器官の乾物重をみると、8時間日長ではいずれの温度でもムカゴと新芋重が大きく、茎

Fig. 5. Interaction between temperature and photoperiod on the dry weight of each organ and ratio of aerial and new tubers to leaves in Chinese yams. Vertical bars represent S. E. Data collected Sep. 5.

重と葉重は小さかった。ムカゴと新芋の合計重/葉重比は24/19℃で最も大きく、次いで30/25℃で大きく、17/12℃と35/30℃では同程度に小さかった(第5図)。24時間日長では8時間日長に比べてムカゴと新芋が小さく、葉重が大きかったため、ムカゴと新芋の合計重/葉重比は8時間日長と比べて小さくなった。特に葉の乾物重が大きかった30/25℃では24時間日長の中でも小さく、次いで、24/19℃、35/30の順で小さく、葉の乾物重が小さかった17/12℃ではムカゴと新芋の合計重/葉重比が大きかった。

考 察

1. 主枝の発育に及ぼす温度と日長の影響

主枝の伸長は24/19℃あるいは30/25℃と24時間日長を組み合わせると最も促進されたので、'イチョウイモ'の主枝の伸長は高温・長日で促進されるとみられた。しかも、主枝の伸長に対する高温域の限界気温は30/25℃と35/30℃の間に存在することが示された。24/19℃と30/25℃でも8時間日長で主枝の伸長停止が早かったのは、後で考察する通り、新芋の形成に伴う主枝の生育抑制があったものとみられた。また、前報(吉田・金浜, 1999)では温度と日長それぞれの影響について調べたところ、枯れ上がりの要因を特定することは出来なかったため、温度のみの実験では夏～秋にかけて短縮する日長を、日長のみの実験では秋冬の低温を考察する必要があるものとみられた。しかし、本実験ではいずれの組み合わせ処理区でも12月上旬には枯れ上がったので、温度と日長を組み合わせるとシュートの発育に好適な環境を保っても主枝の発育は停止し、最終的に枯れ上がることが示された。また、日長の影響は高温で大きく現れ、低温で小さいものとみられたが、このような傾向は、ジャガイモ(Snyder・Ewing, 1989; Wolfら, 1990)でも認められている。ところで、17/12℃の8時間日長を除き、いずれの処理区でも主枝の伸長停止から枯れ上がりまでの期間は80日前後とほぼ等しかったので、主枝から新芋に同化養分を転流し終わる期間が80日前後であると考えられる。

2. 花穂の発育に及ぼす温度と日長の影響

本実験で花穂の発育が認められたのは、24/19℃、30/25℃および35/30℃の8時間日長のみであった。この点に関しては、前報(吉田・金浜, 1999)でも24/19℃と30/25℃の自然日長で花穂の発育が促進されたことは一致するが、前報で戸外温度の8時間日長より24時間日長で花穂の発育が促進されたという点が異なっていた。しかし、本実験の8時間日長区で花穂の発育した個体の割合は3/8~5/8と低く、花穂数も少なかったことや、24時間日長区の花穂の発育が著しいシュートの伸長の影響を受けていたことから考えると、本実験の結果は必ずしも'イチョウイモ'が花穂の発育に関して短日植物であるということを示すものではない。しかし、この点に関しては更に検討を要する。

3. ムカゴと新芋の発育に及ぼす温度と日長の影響

生育中期にあたる9月5日掘り上げの結果、ムカゴと新芋の発育はいずれの温度においても8時間日長で早く、24時間日長で遅いことが示された。また、温度と24時間日長を組み合わせても新芋の発育を完全には抑制しなかった。これらの結果は前報(吉田・金浜, 1999)と同様であったこと、8時間日長の促進効果は24/19℃との組み合わせで最も大きく、30/25℃、35/30℃との組み合わせでやや劣ったことから、‘イチョウイモ’は新芋の発育に関して相対的中温・短日植物であるとみられた。このような現象はジャガイモでも認められている(Gregory, 1965; Snyder・Ewing, 1989; Wolfら, 1990)。シュート枯れ上がり時のムカゴと新芋は8時間日長の30/25℃と24時間日長の24/19℃が8時間日長の24/19℃と同程度の大きさまで発育したので、高温もしくは長日によってムカゴと新芋の発育が遅れても、生育適温が長期間続けば最終的なムカゴと新芋の発育は主枝の発育が優れる個体で大きくなることが示された。このことは、前報(吉田・金浜, 1999)で主枝の発育が優れた長日区で新芋の発育が完了する前にシュートが低温に遭遇して枯れ上がったために短日区よりも新芋の発育が劣ったとする考えを支持するものである。ただし、24時間日長の30/25℃でも24/19℃と同様に主枝の発育は促進されたが、ムカゴの発育が劣っていたので、ムカゴの発育には温度が高すぎるのではないかと推察され、この点については更に検討を要する。

本実験では、新芋に加えてムカゴの発育も調査したが、9月5日掘り上げ時ですでにムカゴが発育していて、新芋同様に8時間日長で多いものの、24時間日長でも発育していた。ムカゴは枝を水平もしくは垂下した場合(沢田・八鍬, 1955)、枝が繁茂した群落内部や培養中の試験管内部のように湿度が高い場合(稲垣ら, 1985; 木村, 1938)に発育が促進されると言われている。本実験では主枝の頂部30 cm~1 mを除いて鉢の土面に大きく水平に巻きつけたので、枝の周りは暗くなるとともに湿度が高くなっていたことが考えられる。ムカゴは、新芋と同様に、光合成産物が転流し、蓄積する器官であるから、本実験で新芋の肥大を考える場合、ムカゴ重も合わせて解析するのが妥当であると考えられた。そうすることによって、生育中期と枯れ上がり時の比較や8時間日長と24時間日長の比較、異なる温度処理区間の比較が可能になった。

謝 辞 本研究の遂行にあたり、有益なご助言と、栽培管理の快いご援助をしていただいた東北大学農学部附属農場の三枝正彦教授と渋谷暁一文部技官をはじめ、多くの方々に深く感謝の意を表します。

摘 要

‘イチョウイモ’の花穂と新芋の発育に及ぼす温度と日長の組み合わせ処理の影響について調査した。主枝の発育は、昼温/夜温が30/25℃と24/19℃の24時間日長で著しく促進され、8時間日長で著しく抑制された。長日条件下で主枝の発育に対する高温域の限界気温は30/25℃と35/30℃の間に存在し、17/12℃の8時間日長区を除き、いずれの処理区でも生育停止から約80日後に枯れ上がった。花穂の発育は、35/30℃、30/25℃、24/19℃の8時間日長のみで認められた。特に30/25℃・8時間日長では花穂の発育した個体の割合が5/8と最も高く、24/19℃と35/30℃の8時間日長では3/8と低かった。ムカゴと新芋の発育は、いずれの温度でも8時間日長で早く始まり、特に、24/19℃・8時間日長で最も促進され、次いで30/25℃と35/30℃の8時間日長で促進されたが、17/12℃・8時間日長では著しく抑制された。シュート枯れ上がり時には、24/19℃・24時間日長でも、30/25℃と24/19℃の8時間日長と同じ程度に大きく発育した。従って、中温・短日で新芋の発育開始が早くなるものの、最終重量は中温・長日で最も大きくなることが示された。

引用文献

- Garner, W. W. and H. A. Allard. 1923. Further studies in photoperiodism, the response of the plant to relative length of day and night. J. Agr. Res. 23: 871–920.
- Gregory, L. E. 1965. Physiology of tuberization in plants: Tubers and tuberous roots. p. 1328–1354. In: W. Buhland. (ed.). Handbuch der Pflanzenphysiologie. Bd. 15. Springer-Verlag, Berlin.
- 稲垣 昇・小松原佐和子・岡 雄二・前川 進・寺分元一. 1985. ヤマトイモ (*Dioscorea opposita* Thunb. cv. Yamatoimo) の栄養繁殖におけるムカゴ利用. 園学雑誌. 54: 66–74.
- 木村光雄. 1938. 薯蕷 ‘大和黑皮種’ の栽培に関する基礎的研究 2. 農及園. 13: 2011–2017.
- 沢田英吉・八鍬利郎. 1955. 長芋のムカゴ形成に関する研究. 第1報. 蔓の方位とムカゴ形成との関係. 園学雑誌. 24: 85–93.
- Snyder, R. G. and E. E. Ewing. 1989. Interactive effects of temperature, photoperiod, and cultivar on tuberization of potato cuttings. HortSci. 24: 336–338.
- 吉田康徳・金浜耕基. 1999. ‘イチョウイモ’の花穂と新芋の発育に及ぼす日長と温度の影響. 園学雑誌. 68: 124–129.
- Wolf, S., A. Marani and J. Rudlich. 1990. Effects of temperature and photoperiod on assimilate partitioning in potato plants. Ann. Bot. 66: 513–520.