

ハナショウブの生育および
開花に関する生理学的研究

〔 Physiological studies on growth and the flowering
of a Japanese iris (*Iris ensata* Thunb.) 〕

今村 耕平

2002

目次

第 I 章 緒論	1
第 II 章 ハナショウブの生育相	12
第 III 章 生育に伴う体内貯蔵炭水化物の季節変化	18
第 1 節 生育に伴う植物体各部位における炭水化物の変化	18
第 2 節 生育に伴う植物体各部位における可溶性糖の変化	24
第 IV 章 生育に伴う体内貯蔵窒素の季節変化	37
第 1 節 生育に伴う植物体各部位における全窒素の変化	37
第 2 節 休眠期の植物体各部位における全窒素の変化	41
第 V 章 生育に伴う GA 様活性の季節変化	44
第 1 節 生育に伴う GA 様活性の季節変化	44
第 2 節 開花に伴う茎頂部における GA 様活性の変化	52
第 VI 章 開花に及ぼす GA3 および GA 生合成阻害剤の影響	55
第 1 節 開花に及ぼす GA3 およびウニコナゾール P の影響	55
第 2 節 GA3 およびウニコナゾール P に対する 反応の品種間差異	63
第 3 節 GA 生合成阻害剤の種類の違いが開花に及ぼす影響	79
第 VII 章 花芽分化後の長日処理が生育相と開花に及ぼす影響	87

第Ⅷ章 総合考察	100
摘要	106
引用文献	111
Summary	116

第 I 章 緒論

ハナショウブはキク，ボタン，サクラソウなどと並び我国を原産とし，また我国を代表する花卉の一つである．鎌倉時代に編纂された拾玉集のなかで「野沢瀉雨やゝはれて露おもみ軒によそなるはなあやめかな」と慈園が和歌として詠んでいる．「はなあやめ」という言葉は花菖蒲の古語であり，「はなあやめ」を漢字表記は「花菖蒲」となり，およそ 800 年前には観賞が始まったと思われるが，この時代にはノハナショウブ(Fig.1)とアヤメおよびカキツバタを明確に分類していたとは考え難い．また室町時代，我国最古の花伝書とされる仙伝抄の「十二ヶ月の花」を示した項に「五月五日のしんにははなしやうぶ」とあり，約 500 年前にはすでに生け花の材料として使われていたことが分かる．ハナショウブの原種であるノハナショウブと明確に分かるものは，室町時代後期に一条兼良によって編纂された尺素往来に記載されている．この中で庭園に植栽すべき花を約 80 種示し，夏の花として 26 種類を挙げ，ここにノハナショウブが記されている．以降我国の園芸家の手によって，ノハナショウブの実生変異個体を選抜することで品種改良が進み，これらの多くは江戸に集められた．

水野元勝(1681)は日本で最初の園芸書である花壇綱目に 3 品種を記載し，伊藤伊兵衛三之丞(1710)は増補地錦抄に 40 品種を，記載している．また松平左金吾(1894)は花菖蒲培養録のなかで，伊予松山産のノハナショウブは世代を更新するに従い変異個体を得たことを記述している．このことから実生変異個体の選抜を繰り返し，また各地のノハナショウブを収集し自然交配が行われることで後年には多数の品種の作出をみたと考えられる．

ハナショウブは栽培の歴史が古いため，これまでに育成されてきた品種数は一園芸植物としてはきわめて多く，記録に残るものだけで，約 5000 品種が

知られており(柏岡ら,1997), 我国原産の花弁という点で世界に誇り得るものであるが, 未だに国外はもとより, 国内においてすらその普及の度は他の主要な花卉と乖離している状況である(平尾,1959). これはハナショウブが栽培困難な植物であるとか, 湿地でないと育てられないと思われてきたことも原因であると考えられている(富野,1967). しかし, ハナショウブは湿原に自生するノハナショウブと異なり, 湛水管理は必ずしも必要としないが, この栽培方法は経験に基づくとところが多く, その生育および開花に関する知見に乏しいのが現状である. また, 自然開花期が6月中旬に集中していることもその普及を妨げている.

ハナショウブの銘花とされる品種は鉢に植えて観賞するが, 数多くの品種が普及してからは圃場に植栽し, 群生させて観賞する花菖蒲園が広まった. 花菖蒲園としての栽培は歴史が古く, 1800年代初頭に江戸掘切(東京都葛飾区掘切町)において「小高園」が開園し, この様子は安藤広重の浮世絵などにみられる. これらは露地で栽培し, 現在5月下旬から7月上旬にかけて観光園として開園している. 宿根性植物を露地一面に群生させて観賞するのは, 我国の園芸史上ハナショウブが始まりとされている(柏岡ら,1997). 花菖蒲園での観賞に適する品種群として成立したものに江戸系があり, これらは直射日光に強く, 色彩が豊かで, 群生したときの美しさに優れている.

一方, 肥後藩主の命を受け, 細川家の家臣であった吉田潤之助が松平左金吾から譲り受けた品種をもとに発展した品種群は肥後系と呼ばれ, 全て鉢植えで咲かせて, 座敷で金屏風を背に対座して観賞出来るように改良され, 花形は大輪の6英(弁)花で, 花被片は横からの観賞に適する様に垂れるのが特徴である.

また, 幕末に紀州藩士の吉井定五郎が江戸系の品種をもとにノハナショウブも取り入れて実生選抜を繰り返して成立させたとされる品種群は, 伊勢系と呼ばれ, 主に鉢植えで観賞された. 花形は3英花を基本とし, 縮緬地の花被片が深

く垂れ、花柱の先端に「くもで」と呼ばれる切れ込みがある。伊勢系は伊勢ハナショウブとして伊勢ナデシコ、伊勢ギクと並び伊勢三珍花として現在も継承されている(柏岡ら,1997)。

ハナショウブは、切り花生産に用いられるダッチアイリス、苗物生産に用いられるジャーマンアイリスと同じアヤメ科 アヤメ属(*Iris*)に分類され、本属は北半球の温帯を中心に、約 250 種が分布する。これらはヒオウギ属(*Belamcanda*)から分化して、今日に至ったと考えられている(平尾,1986)。Linnaeus が 1764 年にアヤメ属を設立して 22 種を記載し、Dykes(1913)は 128 種を記載して分類を試みた。その後、Simonet(1932,1934)により核型分析による遺伝学的研究が始められ、Lawrence(1953)および Randolph ら(1947,1953,1960)によって再分類が試みられた。我国に自生するアヤメ属植物はエヒメアヤメ(*Iris rossii* Baker),ヒメシャガ(*Iris gracilipes* A.Gray),シャガ(*Iris japonica* Thunb.),ヒオウギアヤメ(*Iris setosa* Pall.),カキツバタ(*Iris laevigata* Fisch.),アヤメ(*Iris sanguinea* Hornem.),イチハツ(*Iris tectrum* Maxim.),キショウブ(*Iris pseudacorus* L.),ノハナショウブ(*Iris ensata* Thunb. var. *spontanea* Nakai)などがある。このなかでノハナショウブの実生変異個体(Fig.2)をもとに選抜されたと考えられている品種群に、長井古種(Fig.3)と呼ばれる系統があり、これらはノハナショウブとハナショウブ(*Iris ensata* Thunb., Fig.4)の中間的な形質を残しているが、その詳しい来歴は不明である。ハナショウブは学名が命名される以前に園芸植物として成立していたことから、Thunberg(1794)がハナショウブの標本に *Iris ensata* の学名を付与したが、後に別の園芸品種に対して Siebold(1858)が *Iris kaempferi* の学名を付与し、さらに別種のアヤメ属植物に *Iris ensata* が間違っって命名されたため、学名表記に混乱が発生した。宮沢(1936)はこの点を指摘し、通常は *Iris ensata* を用い、異名として *Iris kaempferi* を示すこととなった。

ハナショウブのポット苗生産は、1877年には明治政府の貿易自由化政策により小高園から米国向けに苗の輸出が開始され、現在も栽培規模の大きい園を中心に苗物生産農家などで行われている。規格は一定していないが、9cm,10.5cm,12cmの黒色ポリポットで、多くは休眠期から自然開花期にかけて流通している(富野,1967)。

一方、国内におけるハナショウブの切り花生産は、端午の節句に切り花出荷をすることを考え、1932年に静岡県賀茂郡河津町の峯温泉付近で温泉熱を利用した切り花の促成栽培が行われた。当初は17aの圃場で80,000本が生産され、塩分が少なく豊富な温泉水を多量に圃場へ灌漑する事で、約1ヶ月の促成が行われた。促成に用いられる品種は‘初霜’が80%を占め、他は‘日の出鶴’、‘蜀江錦’などが用いられた(渡辺,1965)。現在では温泉水が利用できなくても施設での栽培が可能となったことより、産地は京都府城陽市、愛知県海部郡立田村、埼玉県吉川市などが加わった。出荷形態は花茎3本と葉7枚を1単位として出荷している。作型は5月の節句を中心に出荷するハウス促成栽培と、5月下旬から6月中旬にかけて出荷される露地栽培が主体となっており、切り花生産量は年間約1千万本である(植松,1982)。

施設利用による切り花生産現場では加温および長日処理を行うことで採花時期を早めている。これまでの研究により、花芽の形成される時期については組織学的観察によって、9月下旬から10月上旬の短日条件下で誘起され、その後緩慢な発達をして、翌年4月以降に花器が形成されることが明らかにされている(富田ら,1981)。また約63 lx以下の照度を暗期として感応し、14時間以下の日長により花芽分化が始まることが示されている(植松ら,1982)。これらのことより、休眠解除後に加温することで展葉させた後、電照をすることで、促成が行われ、春の短日による側芽の花芽分化を防止している(植松・富田,1983)。また、ハナショウブの栽培方法については生産者の経験に基づいている部分が

多く、開花個体を得るためには、開花前年の早春から夏にかけて形成された側芽は展開葉が枯死する晩秋までに十分発育していることが重要であるとされる(富野,1957)。このことから、休眠期までに植物体内に貯蔵される栄養成分が翌年の開花に重要な意味を持つものと思われるが、これらについては全く究明されていない。このような背景から本研究では、まずハナショウブの生態特性および栄養特性を解明し、安定した栽培を行うための基礎的な知見を得る目的で、生育に伴う植物体の各器官における生長量を調査することで生育様相を把握し、体内養分の季節変化を理解するため炭水化物並びに窒素含有量について調査を行った。

また、現在切り花生産現場における開花調節の方法は電照や加温などの施設栽培を前提とした条件下で行ったものである。ハナショウブは我が国を代表する花きの一つとして、花菖蒲園などの観賞圃場(Fig.5)やポット苗生産も行われ、これらの現場ではほとんどが露地で栽培され、西日本の自然条件下での開花期は6月中旬に集中する。このため、露地栽培において利用可能で簡便なハナショウブの開花調節の方法が確立されれば、観賞圃場においては畝ごとに開花期を促進または抑制することや、品種ごとに観賞期間を拡大することが可能となる。またポット苗生産においては集中しがちな出荷時期を調整し、販売期間を拡大することが可能となる。村田(1976)は、冬季に施設内で加温促成中のハナショウブにジベレリン 500ppm を処理することで、5日開花が早くなることを確認していることからハナショウブの開花にはジベレリンが関与していることが推測されるが、植物体内におけるジベレリン様活性の季節変化は全く知られていない。そこで本研究では、ハナショウブの生育に伴うジベレリン様活性の季節変化を調査し、開花との関連を調査した。この調査結果をもとにハナショウブの開花に及ぼすジベレリンおよびジベレリン生合成阻害剤であるユニコナゾール P の影響を標準的な中生品種を用いて確認した。この後、ジベレリンお

よびジベレリン生合成阻害剤が極早生品種から晩生品種に及ぼす影響の品種間差異を調査し，異なる種類のジベレリン生合成阻害剤がハナショウブの生長および開花に及ぼす影響についても調査した．

さらに，ハナショウブの切り花生産では電照と加温を施設栽培において併用することで促成を行っていることから，冬季の高温と長日はハナショウブの開花を促進すると考えられる．そこで，加温設備や植物生長調節物質を必要とせず，露地栽培においても利用可能で，開花期の拡大が図れる方法を開発することを目的に，花芽分化後の長日処理が露地で栽培したハナショウブの休眠と開花に及ぼす影響について検討した．

本研究の計画，実施およびその取りまとめにあたって，懇篤な御指導をいただき，御校閲の労を賜った鳥取大学教授 田辺賢二博士，田村文男博士ならびに終始有益な御教示と御助言をいただいた鳥取大学助手 板井章浩博士に謹んで厚く感謝の意を表する．

本実験の遂行に当たり，播州山崎花菖蒲園の瀬口鉄治所長に多大な御協力，御援助をいただき研究上の便宜を図っていただいた．

また研究に当たり，御助言をいただいた鳥取大学 園芸学研究室の藤元文博士，並びに格段の御協力を戴いた鳥取大学 園芸学研究室の林裕美子氏，四宮彰子氏，林美里氏，大津真士氏に心から感謝の意を表する．



Fig.1 Wild origin of Japanese iris.

(*Iris ensata* Thunb. var. *spontanea* Nakai)



Fig.2 White colored mutant in wild type of Japanese iris.



Fig.3 Nagai type of Japanese iris 'Nagaikomachi' .

(*Iris ensata* Thunb. cv. Nagaikomachi)



Fig.4 Garden cultivar of Japanese iris 'Tagasode' .

(*Iris ensata* Thunb.cv.Tagasode)



Fig.5 Japanese iris garden of Bansyu-yamasaki hanasyobu-en.

第Ⅱ章 ハナショウブの生育相

ハナショウブの花芽の形成される時期については富田ら(1981)の組織学的観察によって、9月下旬から10月上旬の短日条件下で花芽分化が起こり、その後緩慢な発達をして、翌年4月以降に花器が形成されることが明らかにされている。また約63 lx以下の照度を暗期として感応し、14時間以下の日長により花芽分化が始まることが示されている(植松ら,1982)。これらのことより、日長および温度制御を行うことで、開花調節の方法も検討されている。しかしながら、花芽分化および開花は促進されるものの、葉芽が減少することで、切り花として重要な葉が不足し、ひいては翌年の収量が減少するという問題が生じる(植松,1984)。また、ハナショウブの栽培については経験に基づいている部分が多いが、開花個体を得るためには、開花前年の早春から夏にかけて形成された側芽が晩秋までに8~10枚展葉している必要があるとしている(富野,1957)。このことから、植物体内に貯蔵される栄養成分が重要な意味を持つものと思われるが、これらについては全く究明されていない。そこで本章では、安定した栽培を行うための基礎的な知見を得る目的で、生育に伴う植物体の各器官における生長量の季節変化を調査した。

材料および方法

実験には、兵庫県宍粟郡山崎町の、播州山崎花菖蒲園内の養成圃場で栽培管理した肥後系で、中生品種のハナショウブ‘千早城’を供試した(Fig.6)。供試個体は1997年7月に株分けを行った。株分けの方法は、1997年6月に開花した花茎に最も近い位置の側芽を1芽のみ用い、前年までの地下茎と根は残さないように切除した。これを内径12cm、容量600mlの黒色ポリ塩化ビニール製ポットへ1株ずつ定植した。活着後に緩効性のコーティング肥料(N:P₂O₅:K₂O=14:12:

14,旭化成工業)を1株当たり1 g施用し,露地条件下で養成した. サンプルングは休眠期には月1回,それ以外は月2回行い,1回につき10個体を供試した. 1998年3月中旬以降は,前年に株分けした個体から伸長し始めた側芽の中で,花芽に最も近い1芽をサンプルングした. 1998年7月には前年と同様に株分けを行い,花茎および前年までの地下茎と根は残さないように切除した. 翌1999年3月中旬以降,新たに伸長し始めた側芽はサンプルング時にすべて取り除いた.

結 果

側芽は3月中旬に伸長を開始し,7月に株分けを行った後,10月まで展葉し続けた. 12月には伸長した葉が枯死し,休眠芽は枯葉に包まれた状態で基部に存在した. 冬季に休眠状態にあった芽は,翌年の3月上旬に萌芽し,5月には花茎が伸長し始め,6月中旬に開花した(Fig.7).

葉の乾物重は3月中旬に増加し始め10月上旬に最大となり,根と地下茎では11月中旬にそれぞれ最大となった(Fig.8). その後,展開葉は枯死したが,この間の根と地下茎では大きな変動がみられなかったことから,この期間は休眠期にあるものと判断された. 翌年3月上旬の萌芽時には,根と地下茎で乾物重の減少がみられ,ほぼ同時に新葉の展開が始まった. その後,葉の乾物重は開花期まで増加した. 根および地下茎の乾物重は4月中旬から5月上旬にかけて一時的に減少し,一方,花茎は伸長を開始し,乾物重は増加した. また花茎の乾物重は5月上旬以降の花茎伸長に伴い増加し,6月中旬の開花時に最大となった. 開花後は,花茎,葉,根の各部位の乾物重は減少した.

考 察

ハナショウブにおける植物体各部位における乾物重の周年変化をみると、葉は開花前年の10月上旬に全期間中で最大になり、根と地下茎では11月中旬にそれぞれ最大になった。翌年3月上旬の萌芽期から6月の開花期にかけて再び増加したが、花芽分化した芽を含む葉の乾物重は前年よりも増加しなかった。

ハナショウブにおいては、開花個体を得るためには開花前年の晩秋までに地上部の展開葉が8~10枚必要であること(富野,1957)が報告されているが、今回の結果から、この時期は葉の乾物重が最大となる10月上旬にあたる。従って、この時期までに展開葉を確保する必要があると考えられた。特に1月以降に長日および加温処理を行うハウス促成栽培では、萌芽から開花に至る期間が短く、貯蔵養分が切り花品質に大きく影響するものと思われる。



Fig.6 Garden cultivar of Japanese iris cultivar 'Chihayajo' .

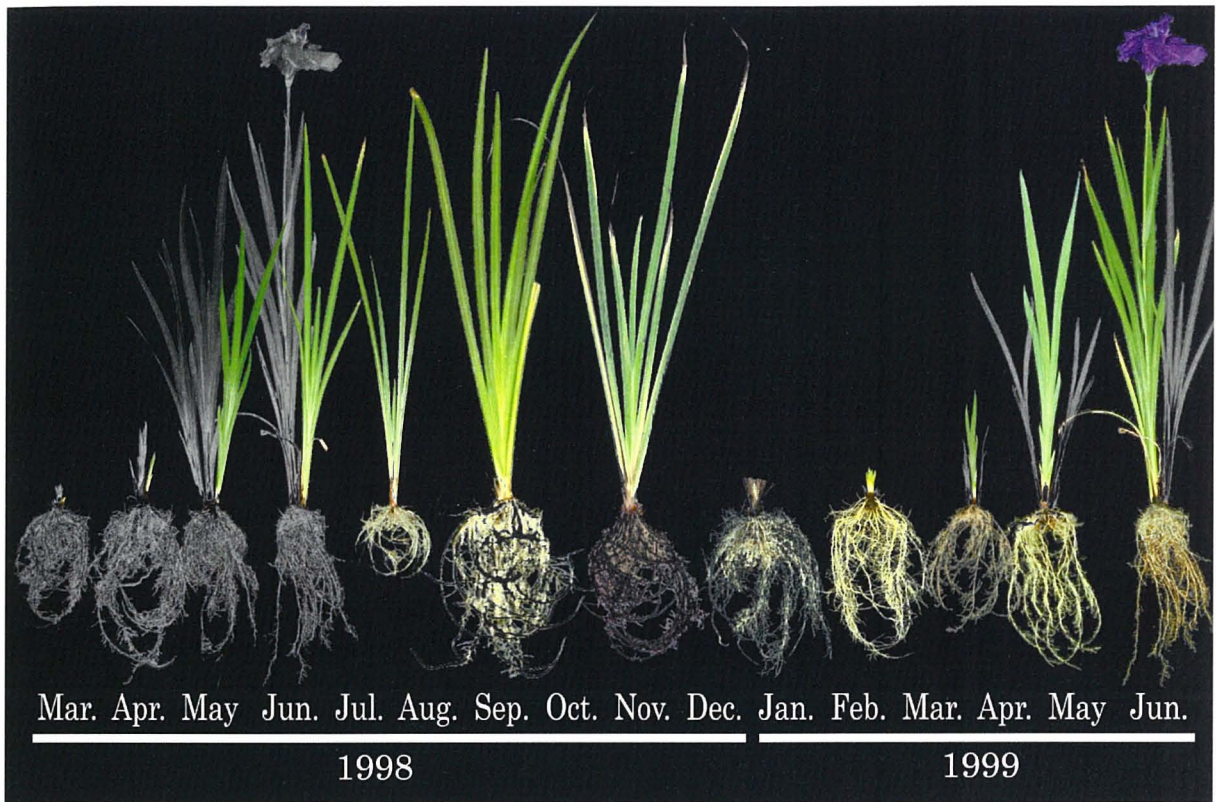


Fig.7 Typical development process of Japanese iris cultivar 'Chihayajo' .

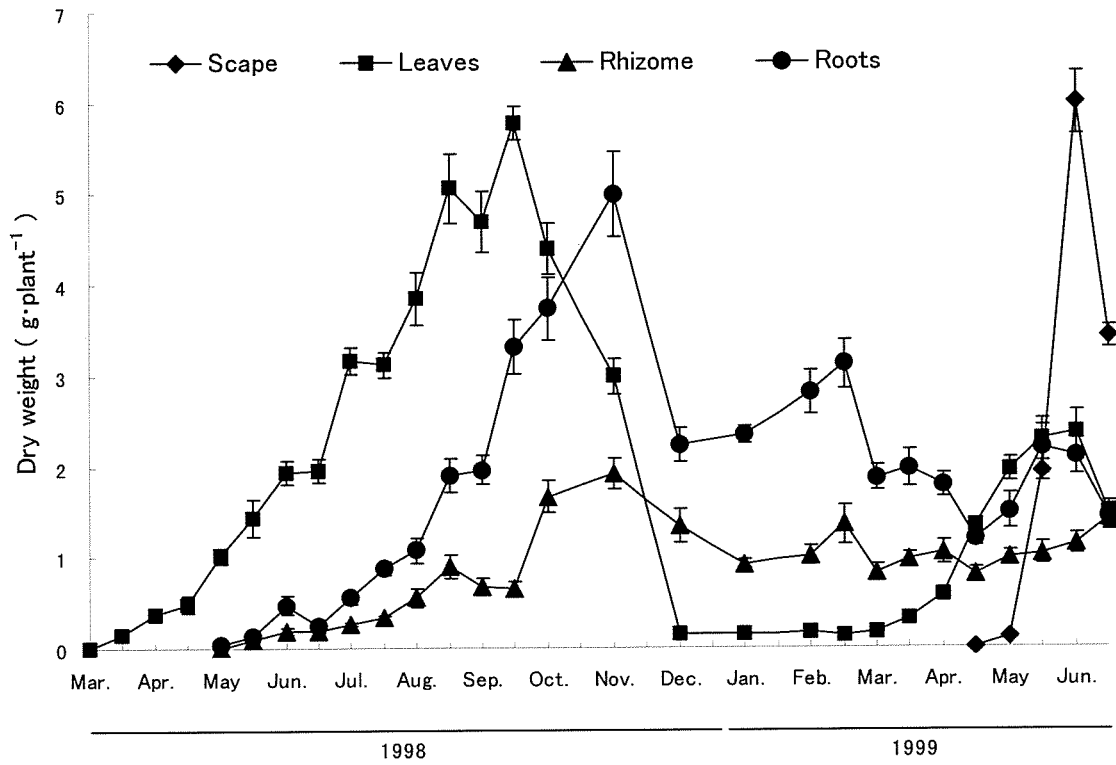


Fig.8 Seasonal changes in dry weights in various organs of Japanese iris cultivar 'Chihayajo' .

Vertical bars indicate S.E.(n=10).

第Ⅲ章 生育に伴う体内貯蔵炭水化物の 季節変化

第1節 生育に伴う植物体各部位における炭水化物の変化

第Ⅱ章では、植物体各部位における生体重量の季節変化を調査し、植物体の量的な生長量を把握した。本章では、ハナショウブの生態特性および栄養特性を解明し、安定した栽培を行うための基礎的な知見を得る目的で、生育に伴う植物体の体内栄養分として各器官におけるデンプンおよび全糖含量の季節変化を調査した。

材料および方法

実験には第Ⅱ章と同様に、兵庫県宍粟郡山崎町の、播州山崎花菖蒲園内の養成圃場で栽培管理した肥後系で、中生品種のハナショウブ‘千早城’を供試した。供試個体は1997年7月に株分けを行った。株分けの方法は、1997年6月に開花した花茎に最も近い位置の側芽を1芽のみ用い、前年までの地下茎と根は残さないように切除した。これを内径12cm、容量600mlの黒色ポリ塩化ビニール製ポットへ1株ずつ定植した。活着後に緩効性のコーティング肥料(N:P₂O₅:K₂O=14:12:14,旭化成工業)を1株当たり1g施用し、露地条件下で養成した。

1998年7月16日から翌1999年7月1日までサンプリングを実施した。休眠期には月1回、それ以外は月2回行い、1回につき10個体を供試した。1998年3月中旬以降は、前年に株分けした個体から伸長し始めた側芽の中で、花芽に最も近い1芽をサンプリングした。1998年7月には前年と同様に株分けを行い、花茎および前年までの地下茎と根は残さないように切除した。翌1999年3

月中旬以降、新たに伸長し始めた側芽はサンプリング時にすべて取り除いた。

炭水化物の分析は、根、地下茎、葉、花を含む花茎の各部位に解体し、新鮮重を測定した後、80℃で乾燥し、乾物重を測定した。葉は最外葉の緑葉部分を、根は根端を、地下茎と花茎は中央部分の乾物試料を粉碎し、これをそれぞれ50 mgずつ用いて分析試料とした。試料を80%エタノールで熱抽出後に濾過し、この抽出操作を合計3回行い、上澄みは減圧濃縮し、全糖の分析試料とした。一方、残渣は風乾後、9.2 N 過塩素酸で抽出し、デンプンの分析試料とした。全糖およびデンプン含有量については、アンスロン法により定量し、分光光度計(HITACHI:U-2000)で620nmの吸光度を測定した。

結 果

葉の全糖含有率は7月から10月にかけての生育が盛んな時期に次第に低下した。しかしながら、葉および根の乾物重量の急激な増加に伴い、これらの器官の全糖含有量は増加した(Fig.9-B)。休眠期には、根の全糖含有量が最も高かったが、含有率は生長点部を含む葉で著しく高かった(Fig.9-A)。その後3月上旬の萌芽期以降、根の全糖含有量は低下した。開花期には、花茎で急激な全糖含有率の増加が認められたが、他の部位に大きな変化はみられなかった。

7月から10月までデンプン含有率は地下茎で高く、次いで根で高かったが(Fig.10-A)、含有量は9月までは葉で最も多く、その後は、11月中旬までは根における増加が顕著であった(Fig.10-B)。冬季から早春にかけての休眠期には根におけるデンプン含有率が他の器官より高く、次いで地下茎、葉の順であった。一方、デンプン含有量は糖と同様にその多くが根に保有されていた。3月から4月にかけての萌芽期には根のデンプン含有率が著しく低下し、開花期には、花茎の含有率が急速に高まった。

考 察

器官毎の全糖およびデンプン含有量は、10月上旬まで増加し、その多くが葉と根に分配された。その後、休眠期には他の器官と比較すると、特に根において最も多く保有されていた。また、休眠期の全糖含有率は葉において著しく高かった。Sasaki et al.(1996)はキャベツの幼植物体において、低温遭遇後に耐凍性が増大することを認め、これは糖の蓄積が関係していることを示唆している。ハナショウブにおいても葉の全糖含有率が最も高かった時期は1月中旬であり、冬季に地上部に存在することから、凍害の発生しやすい状態にある葉の耐凍性の増大に、糖濃度が深く関与していることが考えられる。

萌芽期には根の全糖含有量が急激に低下し、さらに葉の生長に伴い根の全糖、デンプンの含有量の漸減が認められた。筒井ら(1964)はヒヤシンスにおいて萌芽期から開花期にかけて貯蔵形態と考えられるデンプンの含有率が急速に低下することから、茎葉の初期生長や花器の形成には還元糖の状態で消費されるのであろうと推察している。ハナショウブにおいても、根に貯蔵された炭水化物は萌芽期における展葉および花器の発達に利用されているものと考えられる。開花期には花茎の全糖、デンプンの含有量が急激に増加したが、他の部位に大きな変化はみられなかった。一般に開花に伴う花卉の展開には糖濃度が関連していることが知られており、山根ら(1991)は糖質が開花時の呼吸および細胞壁の合成基質ならびに浸透圧調節物質として重要であることを示唆している。また、Koning(1984)によると開花時に花卉は細胞肥大によって急速に生長し、Cosgrove(1986)は、植物細胞の高い浸透圧を維持する能力は肥大成長にとって必須であると報告している。バラでは、花卉中のデンプンが分解されて生成された可溶性糖が浸透圧調節物質として働くことで細胞の浸透ポテンシャルを低くし、細胞肥大のための水の取り込みを促進することが報告されている(Ho and Nichols,1977 ; Evans and Reid,1988)。これらの点、並びにハナショウブ

の花被片の展開においても，開花期における花茎の糖濃度がきわめて高い値を示したことは，花を含む花茎の糖濃度は開花とその品質に重要な意味を持つことを示している．

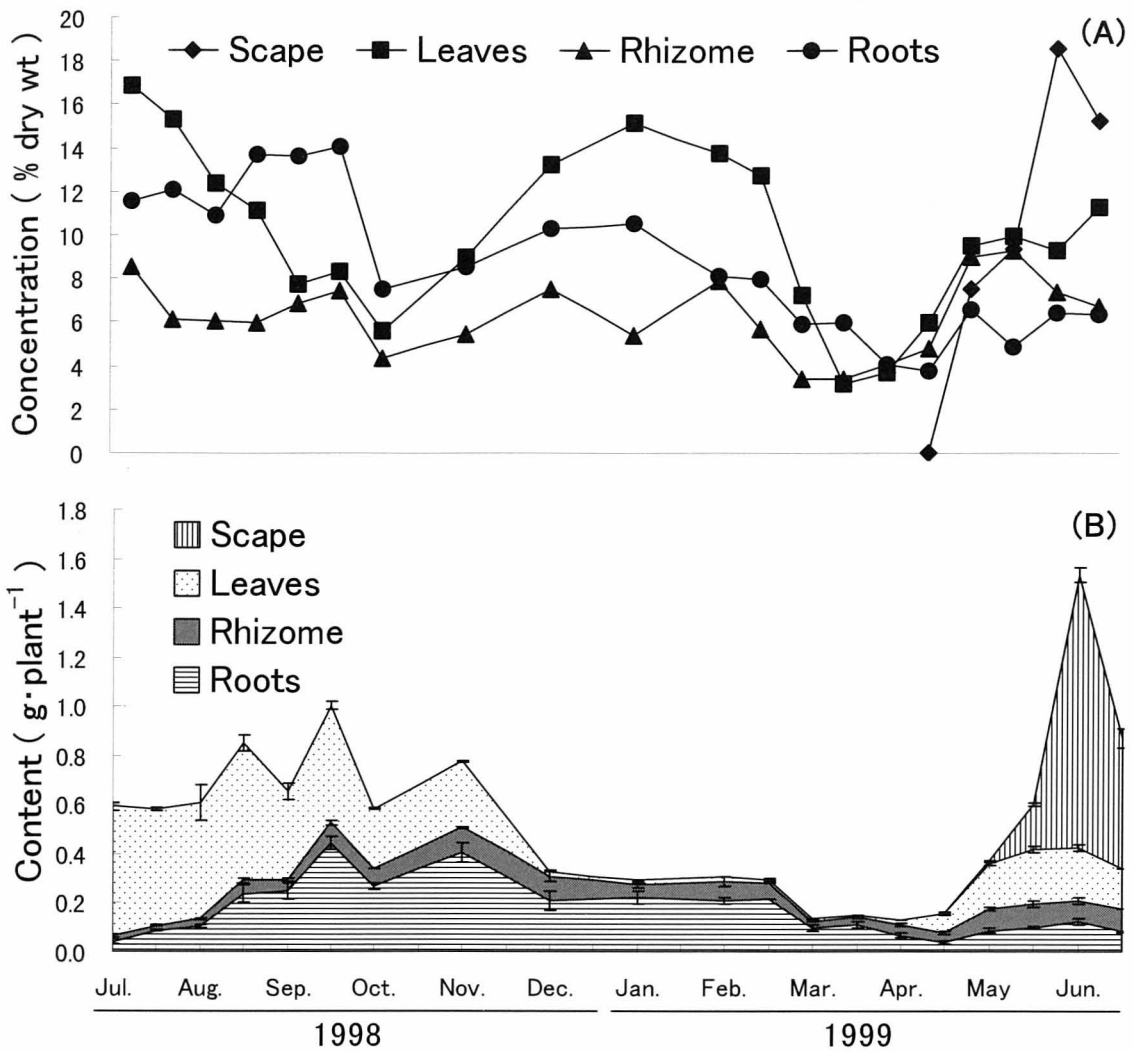


Fig.9 Seasonal changes in total sugar content in various organs of Japanese iris cultivar 'Chihayajo' .

Vertical bars indicate S.E.(n=10).

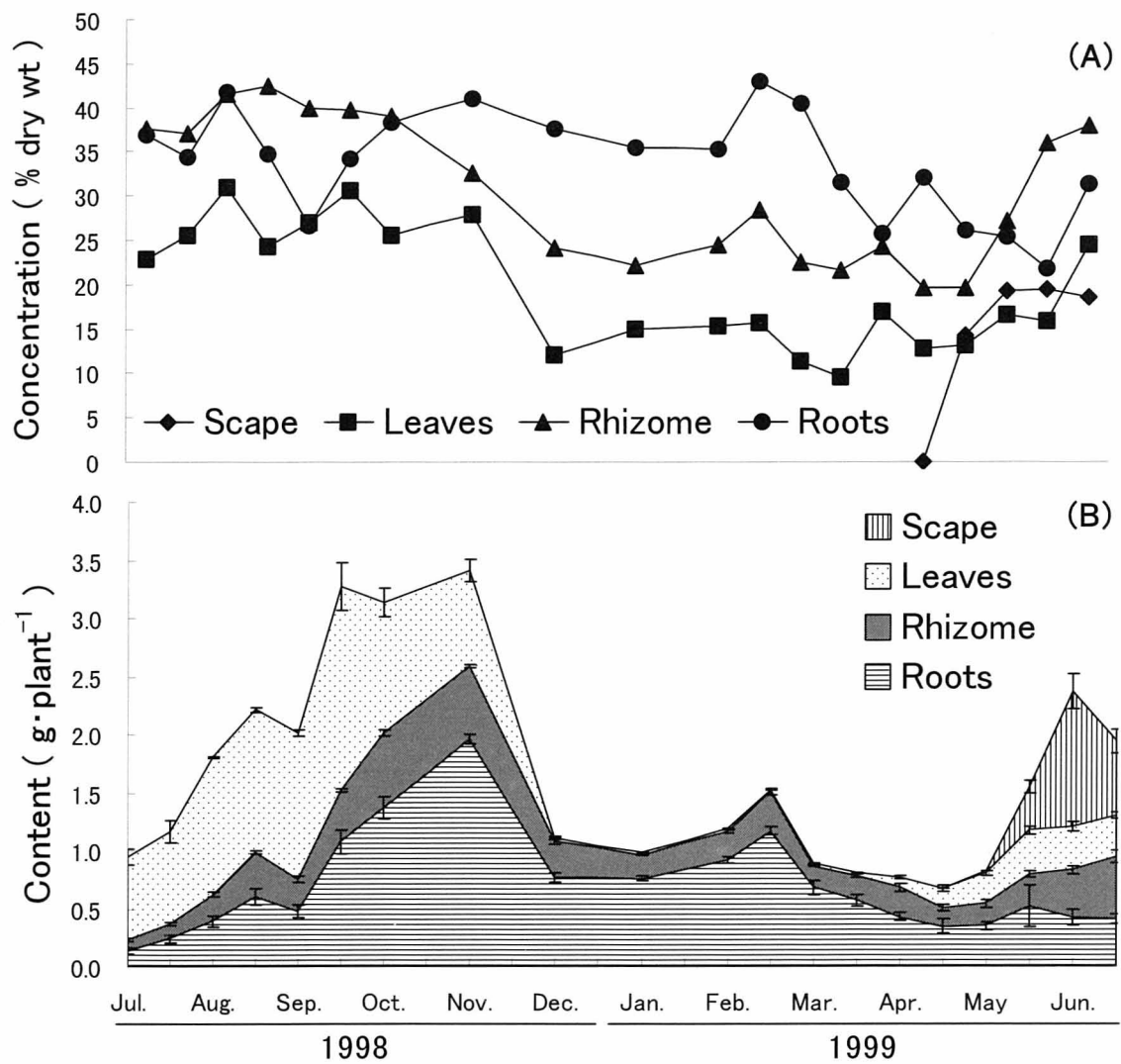


Fig.10 Seasonal changes in starch content in various organs of Japanese iris cultivar 'Chihayajo'. Vertical bars indicate S.E.(n=10).

第2節 生育に伴う植物体各部位における可溶性糖の変化

第1節においてハナショウブの生育に伴う体内炭水化物の季節変化を明らかにした。その結果、根は休眠期の主要な炭水化物の貯蔵器官として機能していることが示唆された。また休眠期までに貯蔵された体内栄養成分は萌芽期以降の生長にきわめて重要な意味を持つと考えられる。また開花後早期に移植を行うことで休眠期までに葉を充実させ、地下部に養分を蓄積させるような栽培方法が必要であることが示された。特に炭水化物の中で糖については、その種類によって生理的な機能の違いが知られており(市村,1998),本節では生育に伴う数種の糖の増減及び生育との関連を調べるために可溶性糖組成の季節変化について調査した。

材料及び方法

実験には兵庫県宍粟郡山崎町にある播州山崎花菖蒲園内の養成圃場で栽培管理したハナショウブを用いた。供試品種は第1節と同様に肥後系で中生品種の‘千早城’を供試した。株分けの方法は、1999年6月に開花した花茎に最も近い位置の側芽を1芽のみ用い、1999年7月に株分けを行った。この際に前年までの地下茎と根は残さないように切除した。これを内径12cm、容量600mlの黒色ポリ塩化ビニール製ポットへ1株ずつ定植した。定植時の用土は真砂土とピートモスを3:1で混合したものを用い、活着後に緩効性のコーティング肥料(N:P₂O₅:K₂O=14:12:14,旭化成工業)を1株当たり1g施用し、露地条件下で養成した。

サンプリング時期は2000年2月から2001年1月まで月に一回ずつ行い、10個体のポット苗を供試した。なお、2月は休眠が最も深いとされる上旬に、9月は茎葉が最も充実する下旬に採取した。その他の月は中旬に採取した。また、花茎については6月のみサンプリングを行った。

供試株は根を痛めないように土を洗い流し、できる限り植物体の水分を除去した後、葉、地下茎、根及び花を含む花茎の4部位に解体した。各部位の生体重量を計測し、可溶性糖分析用に10個体から合計1gになるように試料を分取した。残りの試料を恒温器(80℃, 3日間)で、各部位を10個体分まとめて乾燥し、十分に乾燥した試料の乾物重量を計測した。この数値をもとに乾物率を求めた。

根、地下茎、葉、花茎の生体試料各1gを液体窒素中で摩砕し、80%エタノールで熱抽出し、得られたアルコール可溶性画分を80%エタノールで25mlに定量した。その中から5mlを取り、減圧下でアルコールを除去した後、クロロフィルを除去するためにジエチルエーテルを加え攪拌後遠心をかけ、2層に分けた後、水層を回収し、S. D. W. で5mlに定量した。定量後、20 μ lを日立高速液体クロマトグラフ(655-A12型 [RI検出器(日立L-7490形)])により可溶性糖の測定を行った。液体クロマトグラフィーはカラムにWakobeads T-131(NH)(300mm \times 10.7mm I.D.)を用い、カラム温度60℃、移動相10⁻⁴N NaOH、流量2ml/min.の条件下で行った。

結 果

ハナショウブの各器官における可溶性糖含有量の季節変化を調査した結果、ハナショウブにはスクロース、グルコース、フルクトース以外の存在も認められたが、同定が困難であったため、生理学的に重要な意味を持つと考えられているこれら3種の糖に関して調査を行った。

この結果、各器官における可溶性糖含有率の変化をみると、葉においては休眠期にスクロースが最も高く、萌芽期以降はスクロースが低下し、対照的にグルコースが高くなり、開花期には減少した。また、フルクトースは萌芽期から開花期にかけて次第に増加した。開花期には、フルクトースが最も高い値を示

した(Fig.11).

根においては休眠期まではグルコースが最も高く、休眠期には低下し、対照的にスクロースが最も高い値を示した。さらに萌芽期以降、再度グルコースが高くなり、スクロースは低くなった(Fig.12)。またフルクトースは一年を通じて大きな変化はみられなかった。

地下茎においては、一年を通じてスクロースの値が最も高く、グルコース、フルクトースはほぼ同じ値と傾向を示した。調査した3種類の糖はいずれも、休眠期に増加し、萌芽期にかけて一度減少した後、開花期まで徐々に増加した(Fig.13)。

開花期の花茎においては、フルクトースが最も高く、次いでグルコース、スクロースの順に高い値を示した(Fig.14)。

一方、ハナショウブの各器官における可溶性糖含有量の変化についてみると、葉においては、調査した全ての糖が株分け後に一時的に減少した後に増加し、9月に最大となり、このときスクロースが最も多く含まれた。その後展開葉が枯れるに伴い何れも減少し、休眠期には低い値で推移し、萌芽期以降は、増加する傾向を示した。特にグルコースに関しては萌芽期以降、急激に増加し、開花期に減少した(Fig.11)。

根においては全ての糖とも10月まで増加し、特にグルコースが他の糖よりも高い値を示した。その後、休眠期の12月以降はグルコースが急速に減少した。休眠期中はスクロースが最も高い値を示し、スクロースは萌芽期以降、開花期にかけて次第に減少した。一方、グルコースは僅かに増加し、開花期には減少した。またフルクトースは萌芽期以降徐々に減少した(Fig.12)。

地下茎においてはスクロースが一年を通して高い値を示した。また、全ての糖において、休眠期直前の11月に一旦減少し、休眠期に増加、萌芽期に減少、以降緩やかに増加した(Fig.13)。

花茎においては、可溶性糖含有率と同様にフルクトースが最も多く、ついでグルコース、スクロースの順であった(Fig.14).

調査した3種類の可溶性糖の各器官における季節変化を見ると、スクロース含有量は植物体が充実する9月に植物体全体の中で葉に占める割合が最も高かった。休眠期に入ると葉ではスクロース含有率が高い値となる一方で含有量は減少し、対照的に根に占める割合が高くなった。萌芽期以降は根で含有量は減少し、葉では再び増加した(Fig.15).

また、グルコース含有量は植物体が充実する9月には葉と根に占める割合がほぼ等しかった。休眠期にはスクロース同様に根に占める割合が高くなったが、葉におけるグルコース含有率はスクロースの様な増加傾向は認められなかった。萌芽期以降は葉でグルコース含有量および含有率が増加した(Fig.16).

フルクトース含有量は植物体が充実する9月に植物体全体の中で葉に占める割合が最も高かったが、その後は根に占める割合が高くなり、この傾向は萌芽期まで継続した。この間のフルクトース含有率は各器官とも比較的低い値で推移した。開花期には調査した3種類の可溶性糖のなかで花茎におけるフルクトース含有量および含有率が共に最も高い値を示した(Fig.17).

考 察

調査した3種類の可溶性糖含有量について、各器官における季節変化は、植物体が充実する9月に葉で多く、休眠期には根で多くなった。また萌芽期以降は根で減少し、葉では増加したが、これは休眠期までに葉で生成された糖は、休眠期中には主に根において貯蔵され、萌芽期における茎葉の初期生育に利用されているためと推察される。また、可溶性糖含有率および含有量ともに、休眠期には何れの器官においてもスクロースが高い値を示し、特にスクロース含有量が最も高い根においてその含有率も高かったことから、スクロースは休眠

期間中における主要な糖の貯蔵形態として主として根に存在しているものと考えられる。また、Palonen(1999)はレッドラズベリーの冬季における耐凍性にはスクロースが重要な働きをしていることを示唆し、Croweら(1990)は2種類のスクロースは単糖類よりも効果的に凍結を防止すると報告している。このことから、ハナショウブの葉における休眠期のスクロース含有率が増加する傾向も冬季の耐凍性の向上と関連しているものと考えられる。第1節においてデンプン含有量の季節変化の調査結果では、デンプン含有量は休眠期に根で最も多いことから、デンプンもスクロースを主とした可溶性糖とともに冬季の栄養成分の貯蔵形態として存在していると考えられる。さらに、葉において休眠期にデンプン含有率が減少し、糖含有率、特にスクロース含有率が増加していることから、デンプンが糖に変化することで浸透圧が高まり、最も低温の影響を受けると思われる芽の耐凍性を高めていることが考えられる。

一方、可溶性糖含有率の面では、植物体が最も充実する9月から休眠期にかけて葉と根においてグルコースとスクロースの対照的な増減が見られ、また可溶性糖含有量の面では休眠期には根でスクロースが、萌芽期以降、開花に至るまでは葉においてグルコースを多く含有していた。筒井ら(1962)はヒヤシンスにおける炭水化物の貯蔵形態と考えられる非還元糖やデンプンの含有量は、萌芽期から開花期にかけて急激に減少し、非還元糖やデンプンが、還元糖の形になって、茎葉の初期生長や花器の発達に消費されているのであろうと推察している。このことはハナショウブにおいても、葉で生成され休眠期までに主として根に蓄えられたスクロースが萌芽期以降は、グルコース、フルクトース等の還元糖となり、茎葉の初期生長や花器の発達に利用されていることを示唆している。

カーネーション、ハイブリットスターチス、グラジオラスをはじめとする多くの花きでは、開花に伴いスクロース含有量が減少するのに対して、グルコー

スおよびフルクトース含有量は増加することが知られている(市村, 1998)。また, バラや, カーネーションの花弁にはフルクトースが主要な糖として含まれている(市村ら, 1996; 松山ら, 1998)。同様にハナショウブの花茎においてもフルクトースが最も多く, 次いでグルコース, スクロースの順に含有量が高かった。このことからハナショウブにおける花器の発達や花被片の展開において, フルクトース濃度の上昇が重要な意味を持つものと思われる。

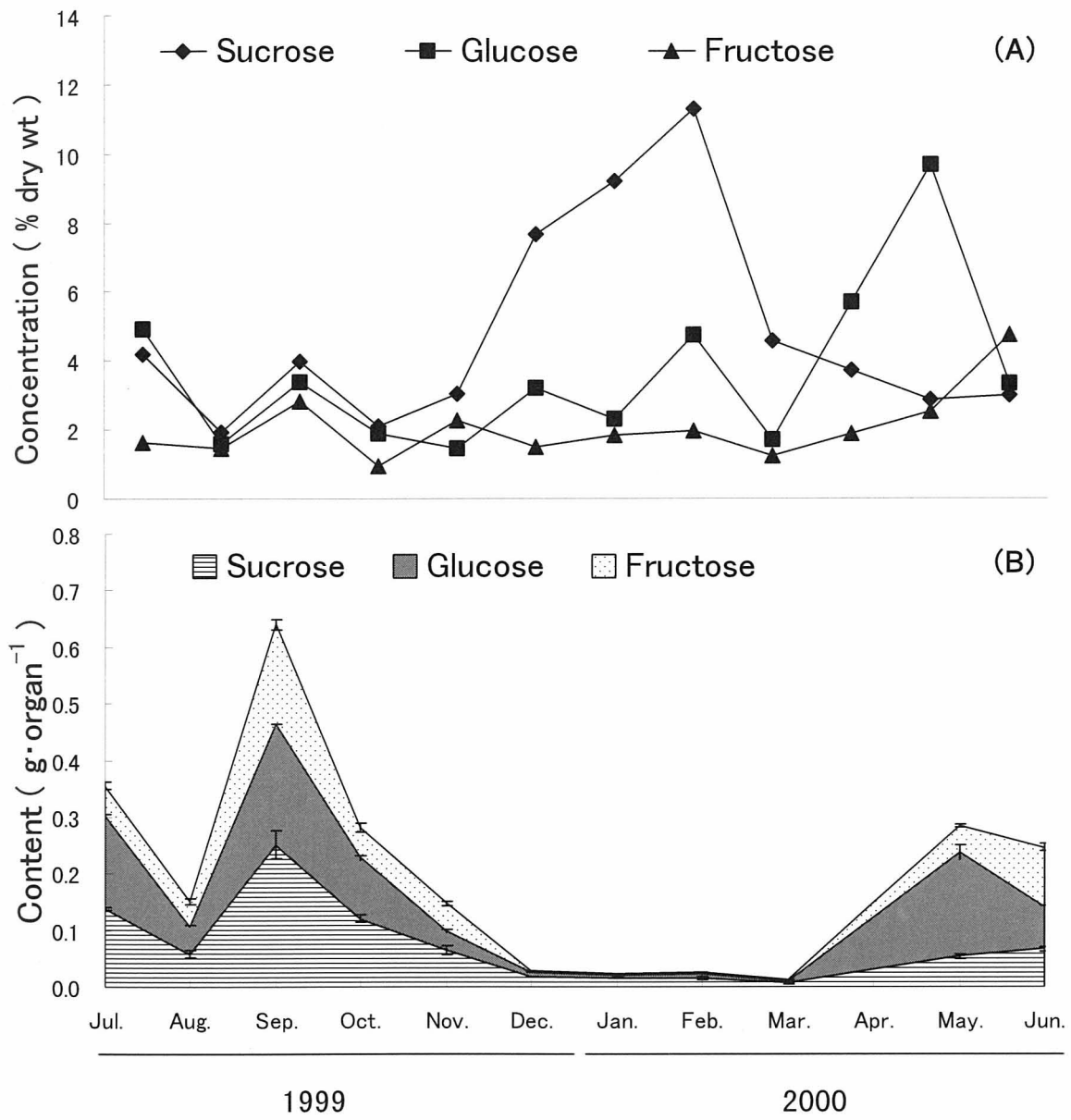


Fig.11 Seasonal changes in soluble sugar content in leaves of Japanese iris cultivar 'Chihayajo' .
Vertical bars indicate S.E.(n=10).

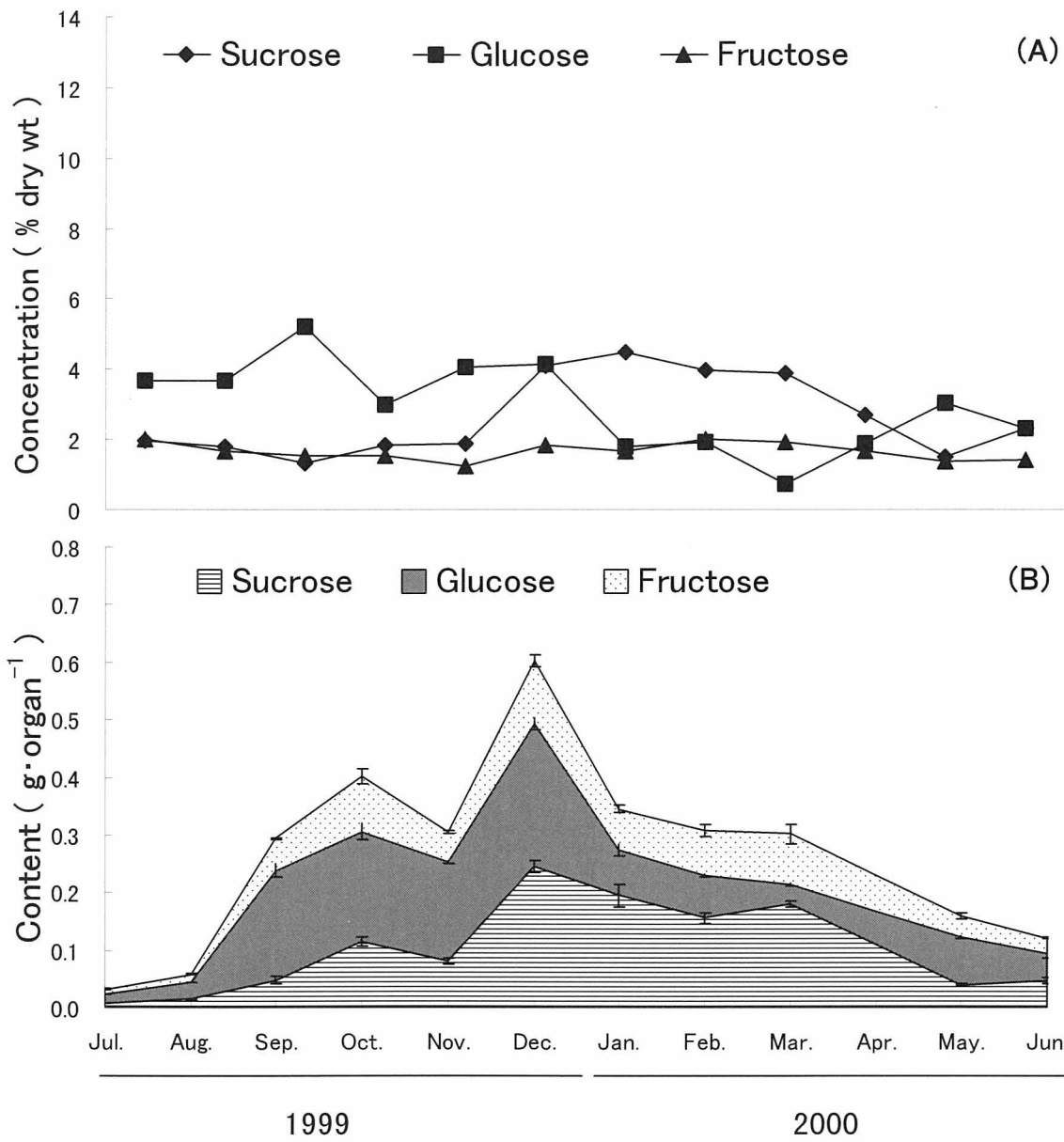


Fig.12 Seasonal changes in soluble sugar content in roots of Japanese iris cultivar 'Chihayajo'. Vertical bars indicate S.E.(n=10).

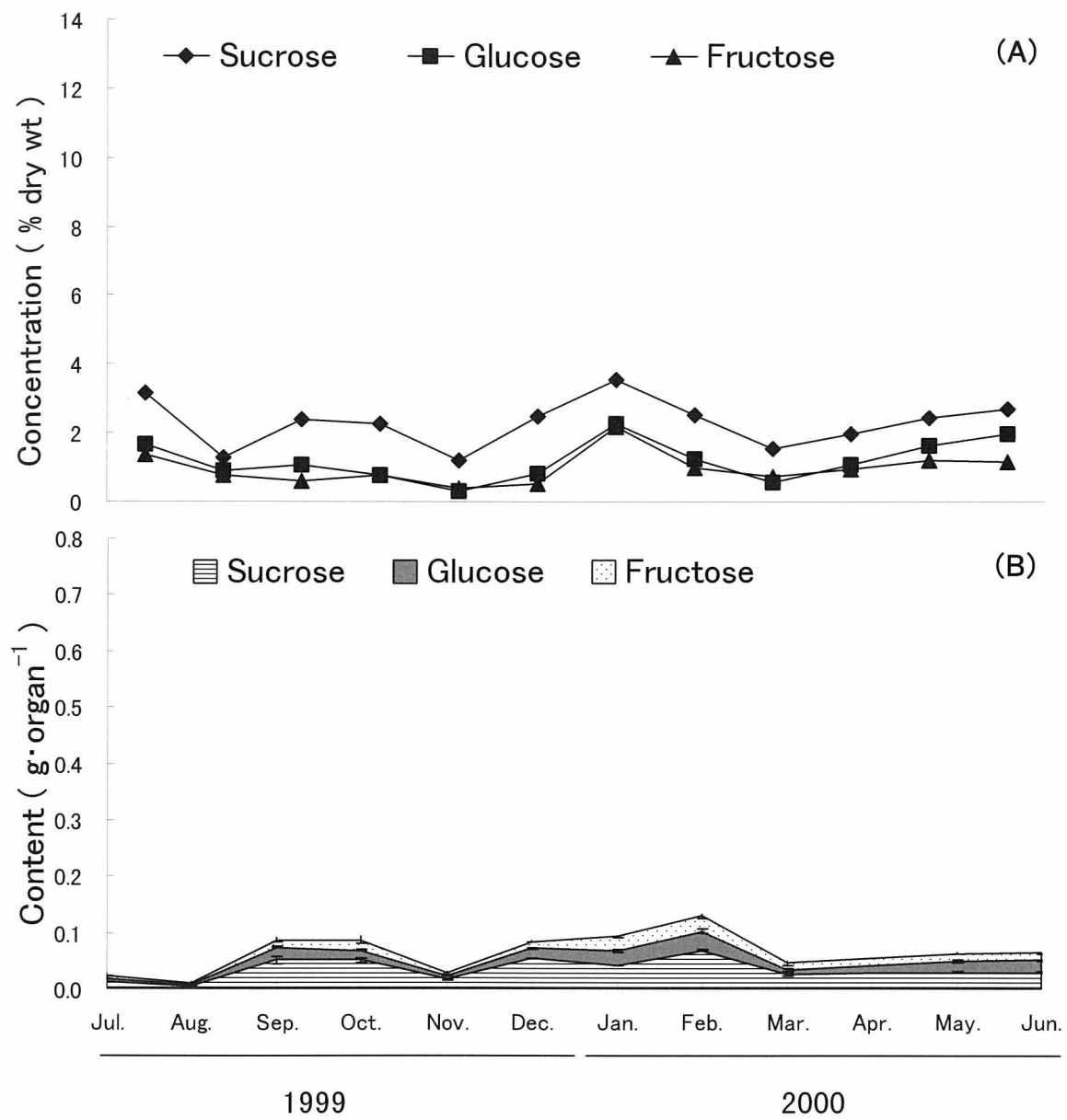


Fig.13 Seasonal changes in soluble sugar content in rhizome of Japanese iris cultivar 'Chihayajo' .

Vertical bars indicate S.E.(n=10).

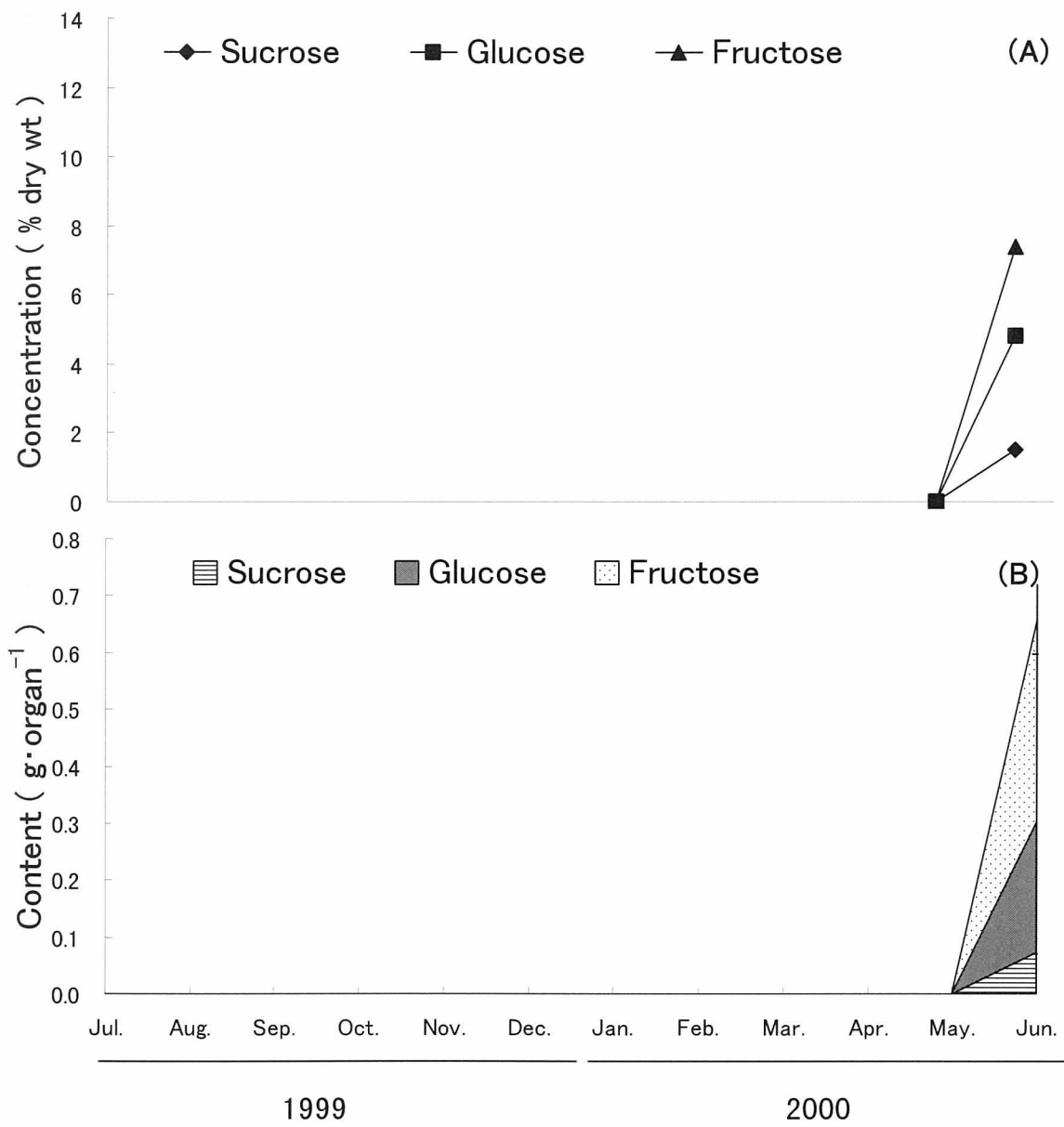


Fig.14 Seasonal changes in soluble sugar content in scape of Japanese iris cultivar 'Chihayajo' .

Vertical bars indicate S.E.(n=10).

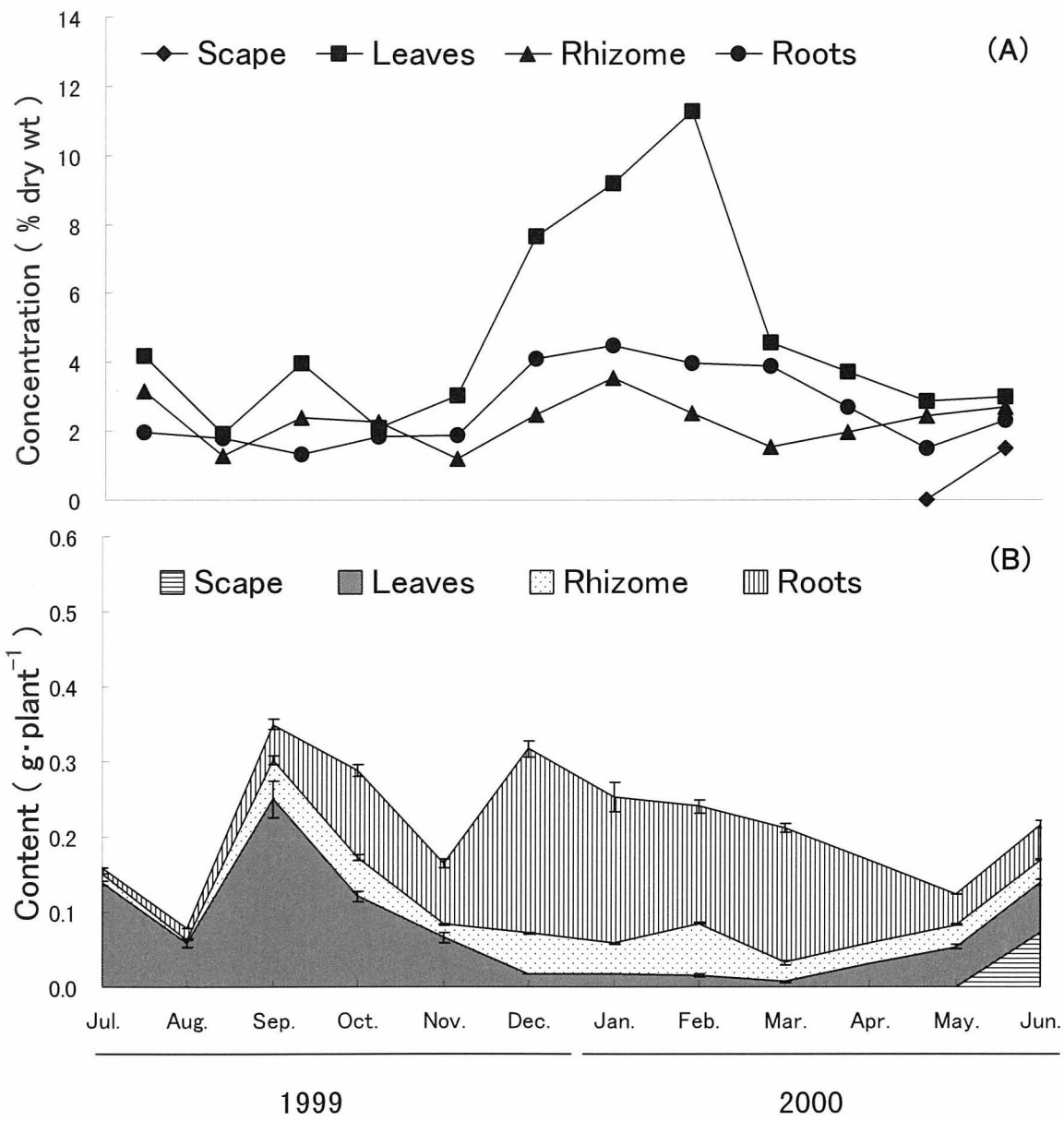


Fig.15 Seasonal changes in sucrose content in various organs of Japanese iris cultivar 'Chihayajo' .

Vertical bars indicate S.E.(n=10).

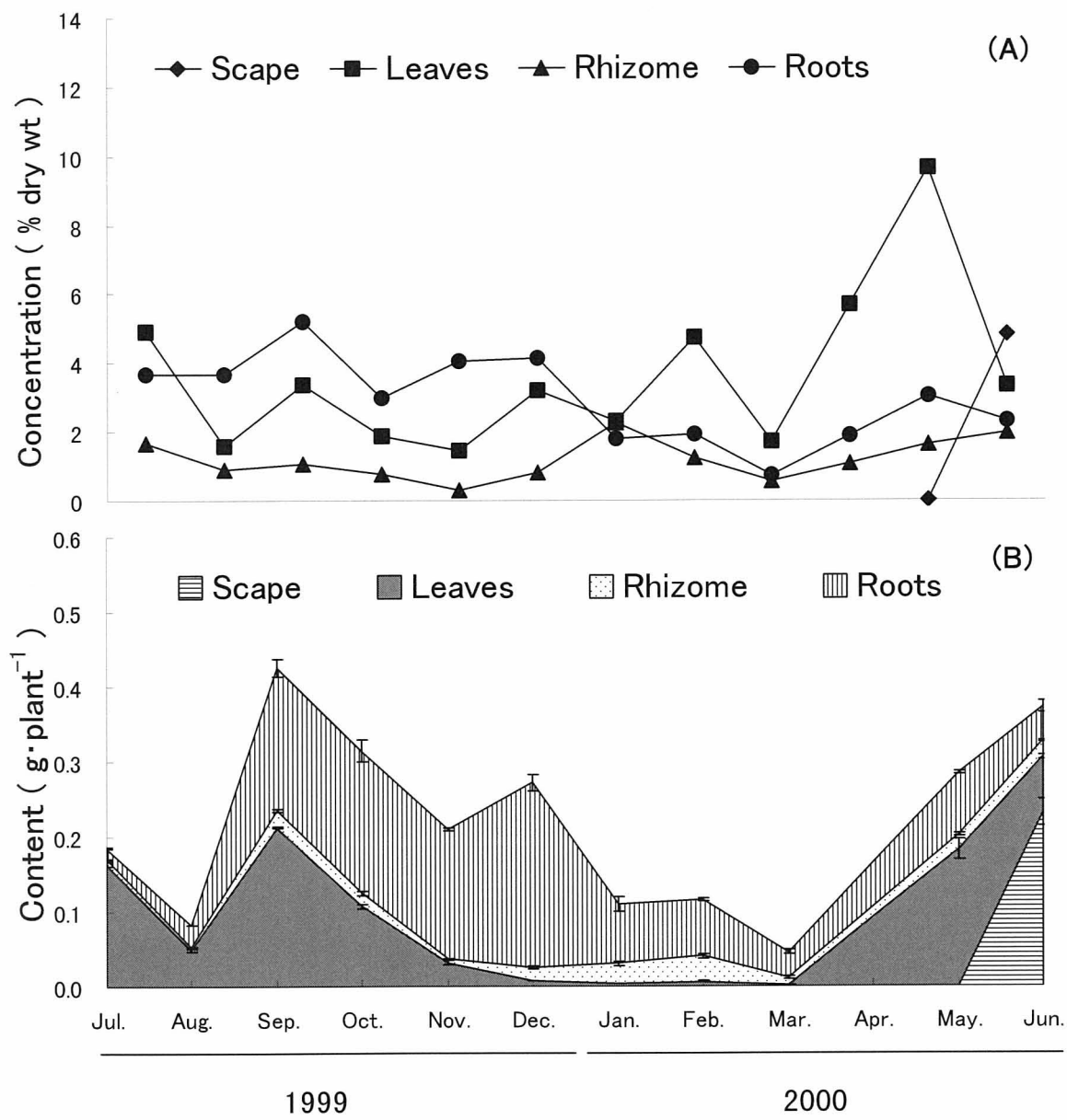


Fig.16 Seasonal changes in glucose content in various organs of Japanese iris cultivar 'Chihayajo' .

Vertical bars indicate S.E.(n=10).

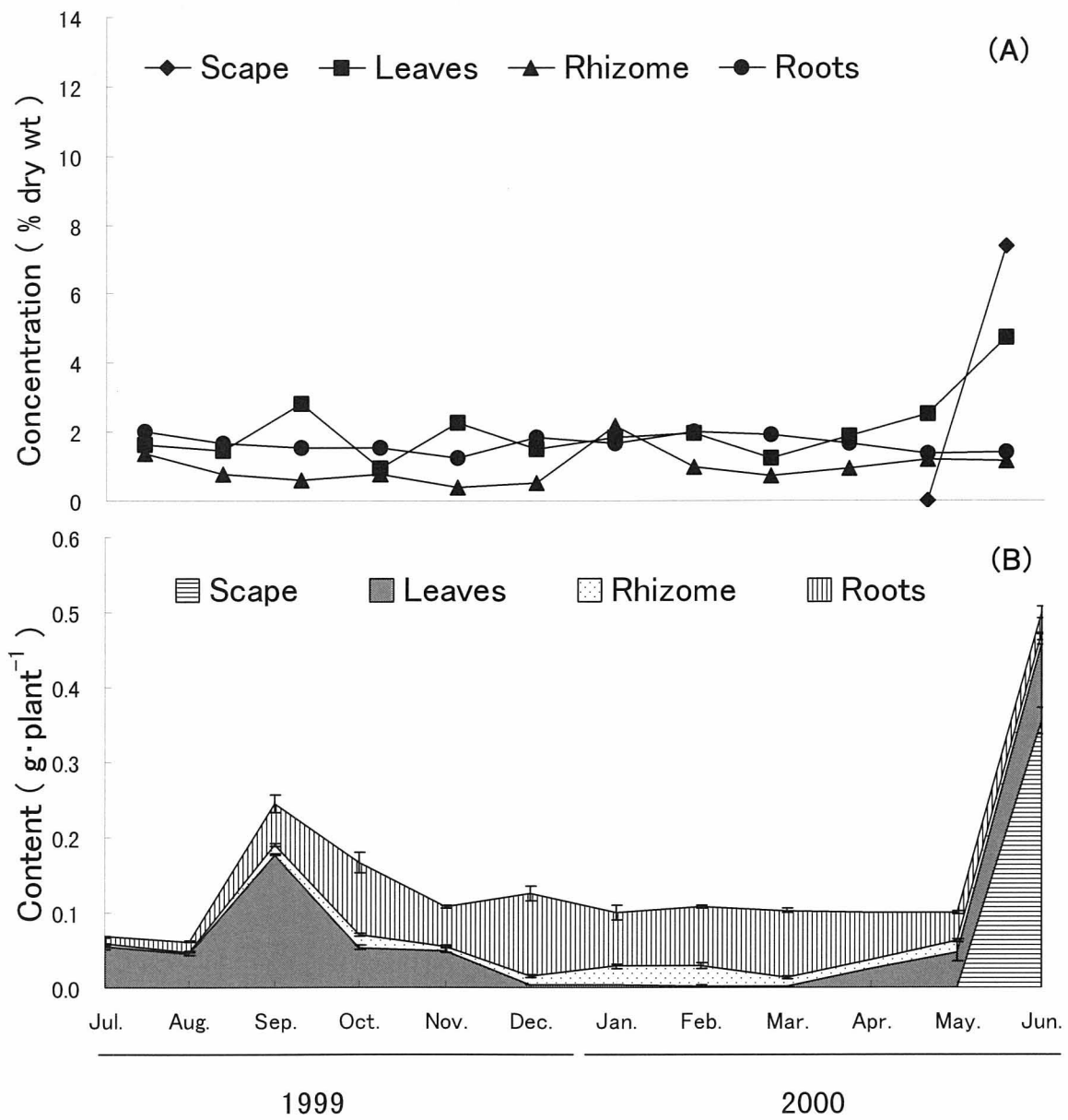


Fig.17 Seasonal changes in fructose content in various organs of Japanese iris cultivar 'Chihayajo'. Vertical bars indicate S.E.(n=10).

第Ⅳ章 生育に伴う体内貯蔵窒素の季節変化

第1節 生育に伴う植物体各部位における全窒素の変化

通常、植物は無機態窒素である硝酸イオンやアンモニウムイオンを吸収・同化して生育する。窒素は、植物が生育する上で最も重要な植物養分元素であり、窒素供給の過不足は作物の生育や収量に大きく影響する。富野(1967)はハナショウブにおける肥培管理方法に関する研究資料の乏しさを指摘し、花菖蒲園での施肥実績を総括し、吸肥特性については特に窒素の吸収量が多く、また肥効も大きい。過剰に施肥が行われた場合、開花数が減少すると述べている。また施肥時期は休眠期の元肥を主体とし、萌芽期、開花期の後、葉の充実する秋季に少量ずつ緩効性の肥料を用いることを推奨している。

本章では、経験に基づいて慣例的に行われているハナショウブの施肥管理について、その生態特性および栄養特性を解明し、生育に伴う体内貯蔵窒素の季節変化を調査することで、施肥方法に関する知見を得ることを目的に植物体の各器官における窒素化合物含有量を調査した。

材料および方法

実験には第Ⅱ章と同様に、兵庫県宍粟郡山崎町の、播州山崎花菖蒲園内の養成圃場で栽培管理した肥後系で、中生品種のハナショウブ‘千早城’を供試した。供試個体は1997年7月に株分けを行った。株分けの方法は、1997年6月に開花した花茎に最も近い位置の側芽を1芽のみ用い、前年までの地下茎と根は残さないように切除した。これを内径12cm、容量600mlの黒色ポリ塩化ビニール製ポットへ1株ずつ定植した。活着後に緩効性のコーティング肥料

(N:P₂O₅:K₂O=14:12:14,旭化成工業)を1株当たり1g施用し、露地条件下で養成した。サンプリングした植物は、根、地下茎、葉、花を含む花茎の各部位に解体し、新鮮重を測定した後、80℃で乾燥し、乾物重を測定した。葉は最外葉の緑葉部分を、根は根端を、地下茎と花茎は中央部分の乾物試料を粉碎し、これを各50mg用いて分析試料とした。全窒素含有量についてはガンニング変法によって分解した試料を用い、インドフェノール法で測定した。サンプリングは1998年7月16日から翌1999年7月1日まで行い、休眠期には月1回、それ以外は月2回行い、1回につき10個体を供試した。1998年3月中旬以降は、前年に株分けした個体から伸長し始めた側芽の中で、花芽に最も近い1芽をサンプリングした。1998年7月には前年と同様に株分けを行い、花茎および前年までの地下茎と根は残さないように切除した。翌1999年3月中旬以降、新たに伸長し始めた側芽はサンプリング時にすべて取り除いた。

結 果

全窒素含有率については、周年を通して根における変化は少なかった。また地下茎と葉では定植後徐々に増加し、地下茎では萌芽期の3月に、葉では4月の葉が伸長する時期に最大となり、その後は開花期にかけて減少した(Fig.18-A)。

全窒素含有量については、8月から10月上旬まで葉で急激に増加した。これ以降は展開葉の枯死に伴い、地下茎で増加した。休眠期には根および地下茎で多くの窒素が保有されていた。萌芽期以降は葉において増加し、地下茎と根で含有量は減少した。また、開花期には花茎において急激に増加し、地下茎と葉では減少した(Fig.18-B)。

考 察

全窒素含有量は、8月から10月上旬まで葉において急激な増加がみられたが、その後、葉が枯死する晩秋までに根および地下茎で増加した。萌芽期以降は、葉における全窒素含有量の増加がみられ、一方で、地下茎と根の含有量については減少した。筒井ら(1964)によると地下部の窒素化合物は、根の発育や萌芽期における茎葉の生長に消費されて減少すると報告し、萌芽期における葉の伸長には地下茎と根に貯蔵された窒素化合物が使われていることが推察される。ハナショウブでは前年生の地下茎を残した状態で株分けした個体は、その後の生育が良いことが知られ、生育不良の場合の対策として行われる(平尾,1959)。一方、株分け後に窒素過多になると翌年の開花数が減少することも知られている(富野,1959)。このことから、地下茎は窒素化合物の貯蔵器官としてハナショウブの栄養生長に重要な役割を持つものと考えられる。また、開花期における全窒素含有率は、すべての器官で急激に減少した。これに対し、全窒素含有量は開花期の花茎において増加し、地下茎と葉で減少した。従って、花茎の伸長や花器の発育には主に地下茎と葉の窒素化合物が利用されているものと推察される。

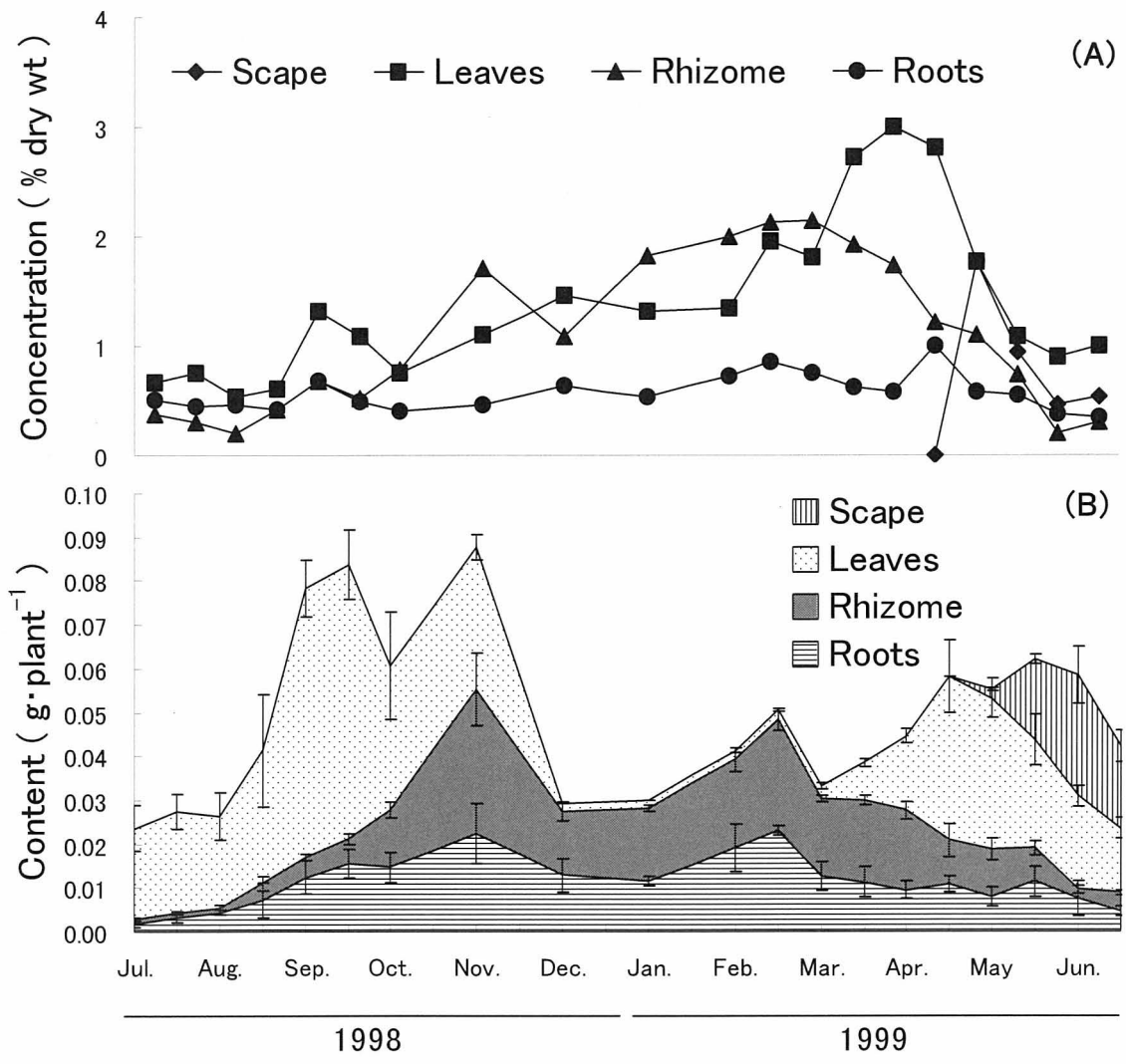


Fig.18 Seasonal changes in nitrogen content in various organs of Japanese iris cultivar 'Chihayajo' .

Vertical bars indicate S.E.(n=10).

第 2 節 休眠期の植物体各部位における全窒素の変化

第 1 節では、ハナショウブにおける体内窒素の季節変化を調査し、休眠期において、窒素化合物は地下茎および根に貯蔵されており、萌芽期以降の急激な茎葉の生長に利用されていることが示唆された。しかしながら、開花前年の栄養生長期に吸収した窒素化合物は、休眠期までの展開葉の枯死に伴い損失しているものと考えられる。このため休眠期には吸収した窒素化合物の内、どの程度が貯蔵されるのかが明確ではない。

本節ではこれらの点を把握する目的で、休眠期における枯死部位を含む植物体各器官の窒素含量について調査を行った。

材料および方法

窒素分析は第 1 節と同様に、兵庫県宍粟郡山崎町の、播州山崎花菖蒲園内の養成圃場で栽培管理した肥後系で、中生品種のハナショウブ‘千早城’を供試した。供試個体は 2000 年 7 月に株分けを行った。株分けの方法は、2000 年 6 月に開花した花茎に最も近い位置の側芽を 1 芽のみ用い、前年までの地下茎と根は残さないように切除した。これを内径 12cm、容量 600ml の黒色ポリ塩化ビニール製ポットへ 1 株ずつ定植した。活着後に緩効性のコーティング肥料 ($N:P_2O_5:K_2O=14:12:14$, 旭化成工業) を 1 株当たり 1 g 施用し、露地条件下で養成した。サンプリングは供試個体 5 個体について 2000 年 10 月以降、老化した当年展開葉を順次採取した。さらに地上部の全ての展開葉が枯死した 12 月 16 日に葉・地下茎・側芽・根及び老化した根の各部位に解体し、生体重及び乾物重を測定した後、乾物試料をガンニング変法により分解し、インドフェノール法によって全窒素含有量を測定した。

結 果

展開葉が枯死した 12 月中旬における植物体各部位の全窒素含有率をみると、休眠期には生葉および側芽で高い値を示した (Table 1)。また、全窒素含有量についてみると、地下茎に最も多くの窒素化合物を貯蔵していることがわかり、次いで根に多くみられた。また、老化した葉には根とほぼ同量の窒素化合物が認められた。休眠期における窒素化合物の配分は地下茎 37%、根 27%、側芽と生葉はそれぞれ 5% であり、老化した葉および根は 25% および 1% であった。

考 察

本件研究での実験結果から、休眠期の窒素化合物は主に地下茎、根および老化した葉に多いことが明らかとなった。また老化した葉の窒素含量は植物体全体の 25% と、根の窒素含量と同じ程度であった。また、老化した根については 1% と少なく、根の老化に伴う窒素化合物の消失は葉の老化に伴う消失と比較するときわめて少ないと考えられる。前節では窒素化合物は移植後、休眠期までに地下部に蓄えられていることが示唆されていることから、休眠期までに吸収された窒素の 1/4 程度は葉の老化および枯死に伴い損失し、翌年の生育に直接利用されないことが明らかとなった。

Table 1 Nitrogen content in various organs of Japanese iris cultivar 'Chihayajoi' during dormant period.

Organs	Concentration (% dry wt)	Content (mg·plant ⁻¹)	Ratio ^z (%)
Leaves	2.06	2.78 d ^y	5
Senescence leaves	0.47	13.07 c	25
Lateral bud	2.11	2.68 d	5
Rhizome	1.70	19.35 a	37
Roots	0.42	14.02 b	27
Senescence roots	0.52	0.64 e	1

^z Percentage of content in various organs.

^y Different letter means significant difference at 5% level by Tukey's multiple range test.

第V章 生育に伴う GA 様活性の季節変化

第1節 生育に伴う GA 様活性の季節変化

ハナショウブの開花調節には、現在主に、切り花生産のための電照、加温設備を用いた方法が確立されているが、花菖蒲園などの露地の観賞圃場で利用できるような開花調節法はまだ確立されていない。一方、内生生長調節物質であるジベレリンは茎葉の伸長生長や、開花を促進する作用が知られている。そこで、栽培現場における開花調節の可能性を検討することを目的に、開花促進に関与していると思われるジベレリンの季節変化について調査した。

材料及び方法

実験には、兵庫県宍粟郡山崎町の、播州山崎花菖蒲園内の養成圃場で栽培管理した肥後系で、中生品種のハナショウブ‘千早城’を供試した。供試個体は1998年7月に株分けを行った。株分けの方法は、1998年6月に開花した花茎に最も近い位置の側芽を1芽のみ用い、前年までの地下茎と根は残さないように切除した。これを内径12cm、容量600mlの黒色ポリ塩化ビニール製ポットへ1株ずつ定植した。活着後に緩効性のコーティング肥料(N:P₂O₅:K₂O=14:12:14,旭化成工業)を1株当たり1g施用し、露地条件下で養成した。試料は1998年12月から1999年11月まで月一回中旬に10個体から生長点を含む茎頂部と根端部をそれぞれ採取した。

採取方法は、茎頂部については生長点近傍組織から0.5g採取し、側芽からは採取しないようにした。また根端部については生長点近傍組織から5gを採取し、1個体あたり根10本分を採取した。これらは液体窒素中で摩砕し、ブチルヒドロキシトルエンを添加した80%アセトンで抽出した。抽出液を常法に従って分離精製し、乾固させたサンプルを0.5%酢酸-10%アセトニトリルに溶かし、

液体クロマトグラフ(HITACHI L-7100)を用いて 55 分画を得た. この際に用いたカラムは HISEIDO CAPCELL PAK C18(UG1 20 S5 μ m)で, 27°Cで実施した. 55 分画中 16 分から 50 分までの 35 分画を 50%アセトンに溶かし, イネの矮性品種‘短銀坊主’による改良点滴法(西島ら,1995)を用いて, ジベレリン様活性を測定し, ジベレリン A₃相当量を算出した. この際, 50%アセトン水溶液のみを処理したものを対照区とした.

結 果

標品のジベレリン A₃, A₄₊₇はそれぞれ分画 25~30, 39~44 であった. 一方, ハナショウブの各部位ともほぼこの分画と一致しており, 液体クロマトグラフを用いて得られた 55 分画のうちジベレリン A₃ 標品の活性が見られた分画(Fig.19)と同一部分に, 茎頂部(Fig.20)および根端部(Fig.21)にも活性が認められた.

この結果, ハナショウブの茎頂部におけるジベレリン様活性物質は移植後 8 月まで増加した後, 葉が最も充実する 10 月にかけて減少した. その後, 休眠期にかけて再び増加し 12 月には期間中最も高い濃度となり, 萌芽期にかけて減少した. 4 月以降は開花期にかけて次第に増加した(Fig.22).

また根端部では移植後 7 月から 11 月まで低い濃度で推移し, 休眠期に当たる 12 月から 1 月にかけて高い濃度となった. 2 月から 3 月にかけては再び低くなり, 萌芽期において増加したが, 花茎が伸張する 5 月から 6 月にかけては低い濃度となった(Fig. 23). また茎頂部と根端部で期間中最も高い濃度であった 12 月において, 茎頂部には根端部の約 30 倍のジベレリン様物質が認められた.

考 察

ジベレリンは茎葉の伸長や開花を促進する作用及び、休眠を解除する作用があることが知られている。ハナショウブの茎頂において花茎が伸長を開始する5月から開花期の6月にかけてジベレリン含量の増加が見られた。この時期は、花茎の重量が急激に増加し開花する時期にあたることから、ジベレリンが花茎の伸長や開花に関連していることが示唆された。

また、休眠期間中には茎頂および根においてジベレリン様物質含量の増加が見られた。この時期は植物体の外観的な変化がみられず、ジベレリンの増加が茎葉の伸長に伴うものとは考えにくい。植松ら(1983)はハナショウブの極早生品種「初霜」を用いた休眠に関する研究で、ハナショウブの休眠解除の時期は12月の中旬であるとしている。また、休眠解除後にジベレリンを施与しても休眠の解除には影響しないと報告している。このことから、本調査における休眠期におけるジベレリン様物質の増加は自発休眠の解除には影響するが、他発休眠の解除には影響しないのではないかと考えられる。これらの関係をさらに明確にするためにアブシジン酸などの他の内生生長調節物質との関連を調べるなど更に調査が必要である。また、本実験ではジベレリン様活性の季節変化を把握する目的で、比較的簡易な手法である生物検定を用いたが、ジベレリン種類を特定するためには、今後生物検定で活性が見られた各分画についてGC-MS等を用いて同定する必要がある。

さらに、萌芽期にあたる4月には一時的に根端部においてジベレリン含量の増加が認められ、この後に茎頂部では開花期にかけて増加した。このことから、ハナショウブにおいては萌芽以降開花期にかけての展葉および花茎の伸張にジベレリンが深く関与しているものと思われる。

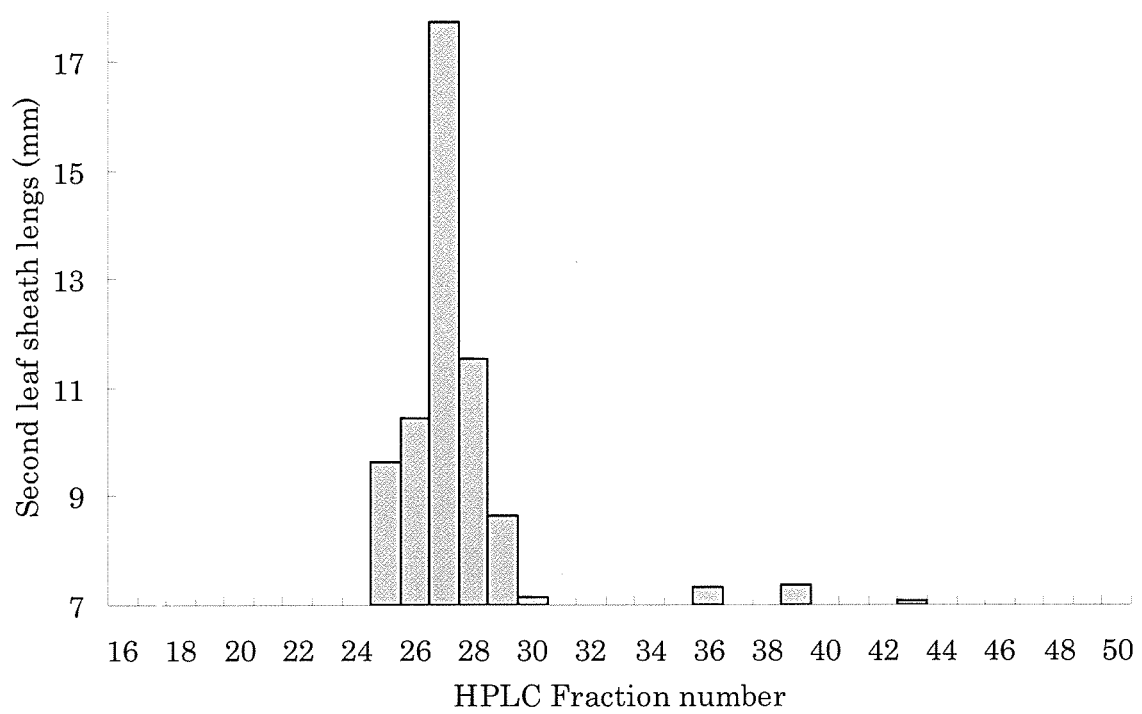


Fig.19 Gibberellin A3 activities of the fractions from HPLC. The activities were estimated by dwarf-rice 'Tan-ginbozu' assay.

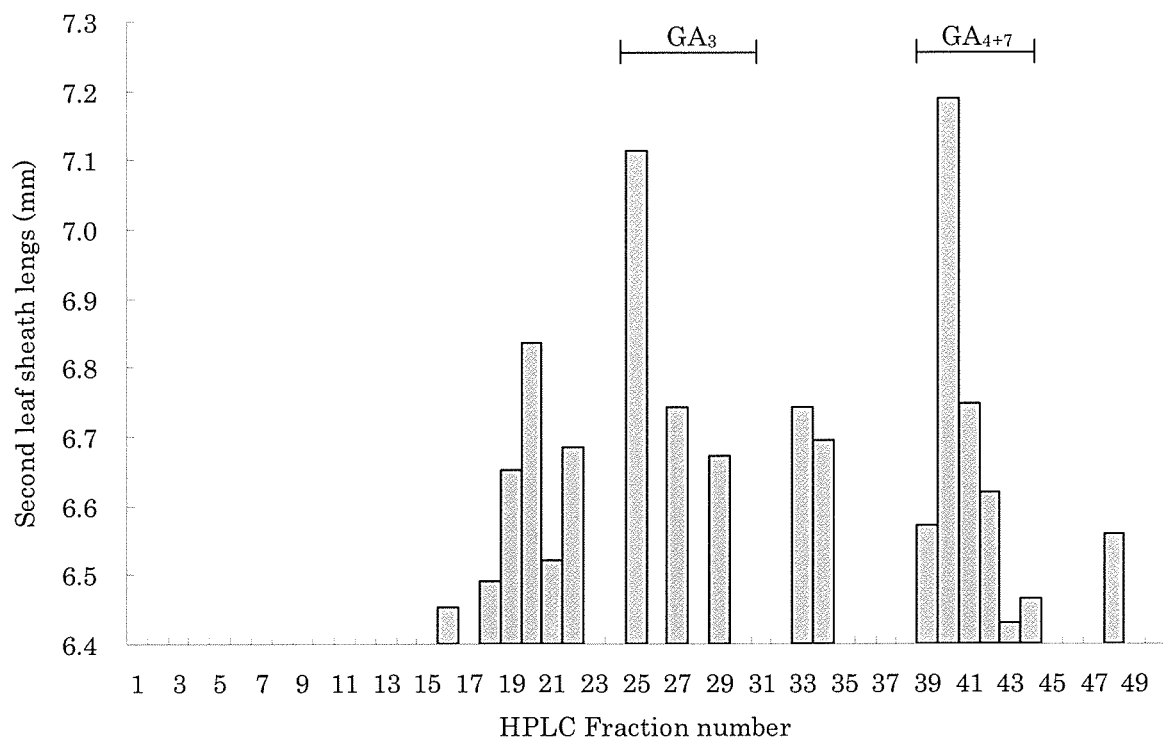


Fig.20 Gibberellin-like activities of the fractions from HPLC of the extract from the shoot apex of Japanese iris cultivar 'Chihayajo'. The activities were estimated by dwarf-rice 'Tan-ginbozu' assay(0.5g F.W./plant).

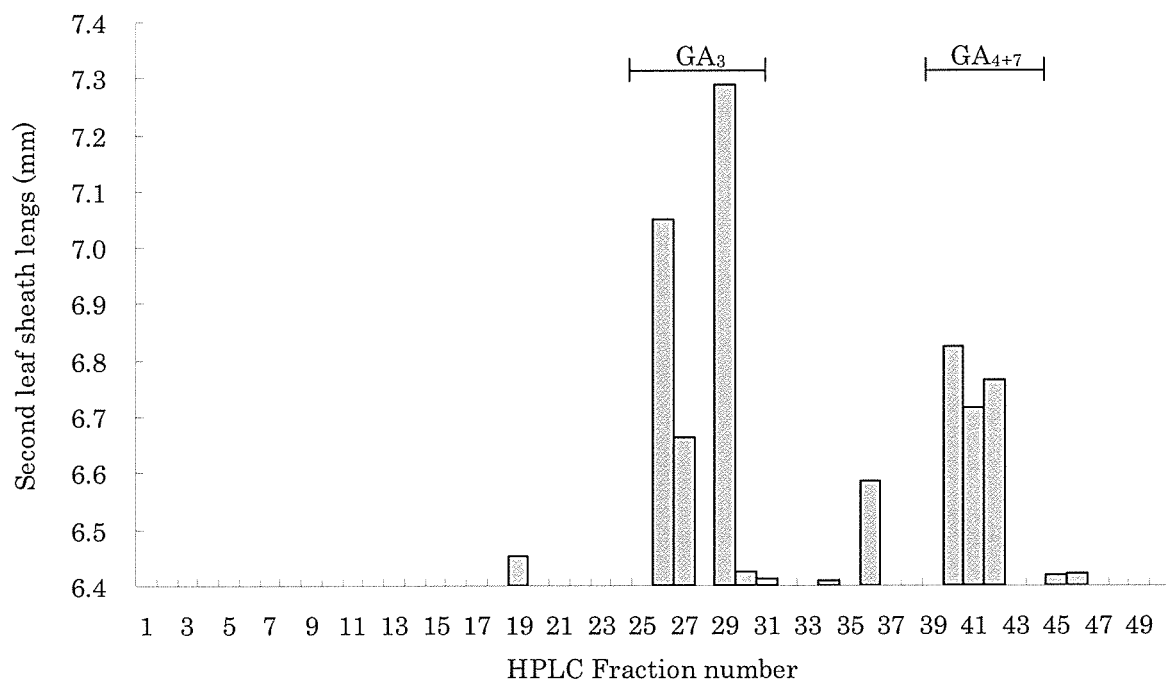


Fig.21 Gibberellin-like activities of the fractions from HPLC of the extract from the root apex of Japanese iris cultivar 'Chihayajo'. The activities were estimated by dwarf-rice 'Tan-ginbozu' assay(5g F.W./plant).

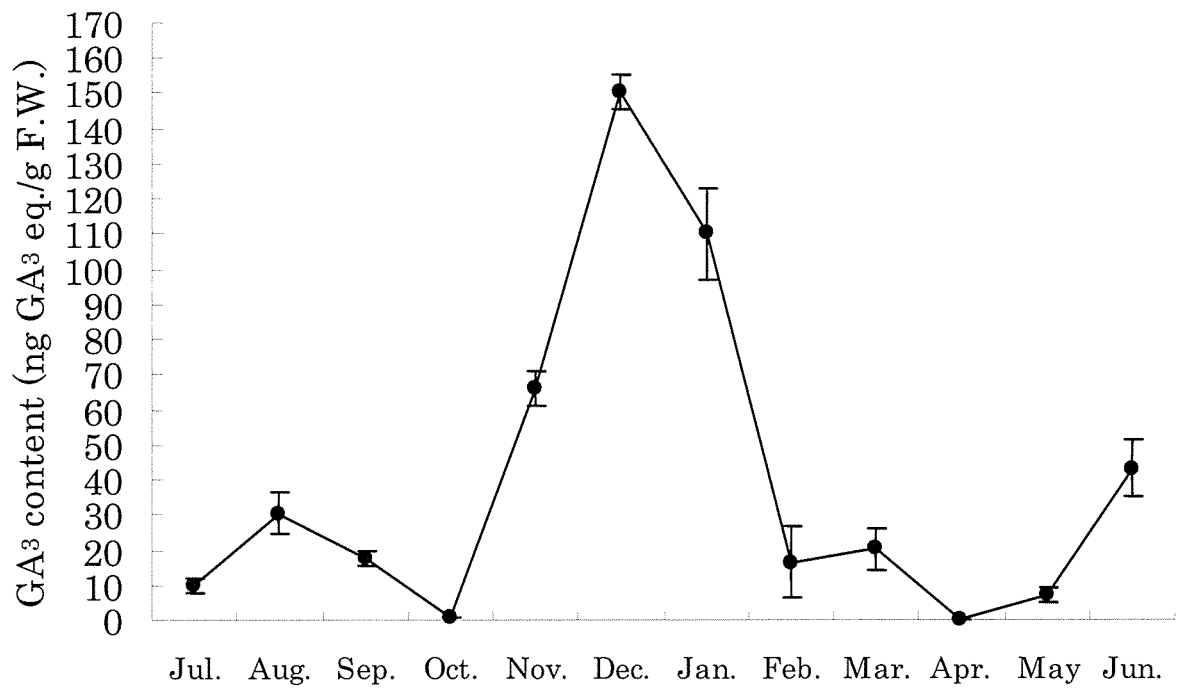


Fig.22 Seasonal changes in endogenous gibberellin A₃-like activities of the extract from the shoot apex of Japanese iris cultivar 'Chihayajo'. Vertical bars indicate S.E.(n=10).

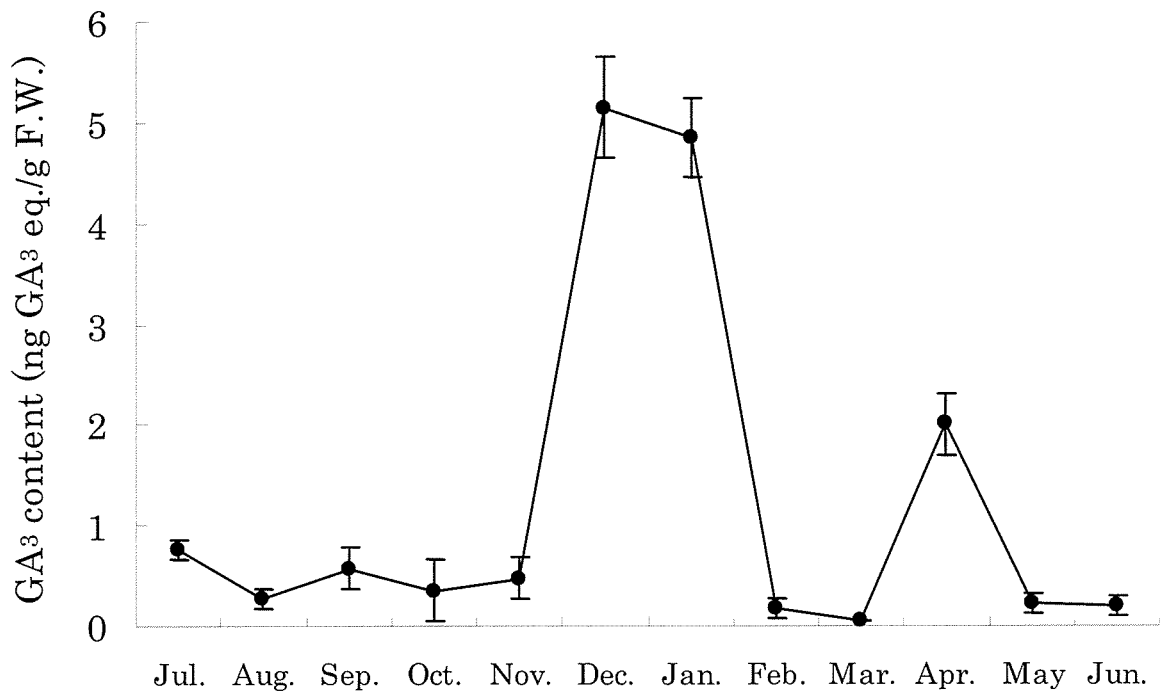


Fig.23 Seasonal changes in endogenous gibberellin A3-like activities of the extract from the root apex of Japanese iris cultivar 'Chihayajo'. Vertical bars indicate S.E.(n=10).

第 2 節 開花に伴う茎頂部における GA 様活性の変化

第 1 節では，ジベレリン含量の季節変化を調査し，花茎が伸長を開始する 5 月から開花期の 6 月にかけて茎頂部においてジベレリン含量の増加が見られ，ジベレリンが花茎の伸長や開花に関連していることが示唆された．本節では，開花に伴うジベレリン様活性の変化をより詳細に把握することを目的に，萌芽から開花に至るまでの茎頂部におけるジベレリン様活性の経時的変化について調査した．

材料および方法

実験には，兵庫県宍粟郡山崎町の，播州山崎花菖蒲園内の養成圃場で栽培管理した肥後系で，中生品種のハナショウブ‘千早城’を供試した．供試個体は 2000 年 7 月に株分けを行った．株分けの方法は，2000 年 6 月に開花した花茎に最も近い位置の側芽を 1 芽のみ用い，前年までの地下茎と根は残さないように切除した．これを内径 12cm，容量 600ml の黒色ポリ塩化ビニール製ポットへ 1 株ずつ定植した．活着後に緩効性のコーティング肥料(N:P₂O₅:K₂O=14:12:14, 旭化成工業)を 1 株あたり 1 g 施用し，露地条件下で養成した．試料は 2001 年 4 月中旬から 6 月下旬までの間，7 日おきに各 3 個体を解体し，生長点を含む茎頂部をそれぞれ 1 g ずつ採取した．これを液体窒素中で摩砕し，ブチルヒドロキシトルエンを添加した 80%アセトンで抽出した．抽出液を常法に従って分離精製し，乾固させたサンプルを 0.5%酢酸-10%アセトニトリルに溶かし，液体クロマトグラフ(HITACHI L-7100)を用いて 55 分画を得た．この際に用いたカラムは HISEIDO CAPCELL PAK C18(UG1 20 S5 μm)で，27°C で実施した．55 分画中 16 から 50 までの 35 分画を 50%アセトンに溶かし，イネの矮性品種‘短銀坊主’による改良点滴法を用いて，ジベレリン様活性を測定し，ジベレリン A₃ 相当量を算出した．この際，50%アセトン水溶液のみを処理したものを対照区

とした。

結 果

ジベレリン様活性の生物検定を行った結果、活性を示す HPLC 分画が得られた。これをもとにジベレリン A3 相当量を算出したところ、3 月中旬の萌芽以降茎頂部のジベレリン様活性物質は比較的低い含量で推移し、花茎が伸張を開始する 5 月中旬から 6 月上旬にかけて急激に増加した。その後花茎の伸長が停止した 5 月下旬から 6 月上旬にかけては減少し、6 月中旬以降の開花時には再び急激に増加して 6 月下旬に最大となった (Fig. 24)。

考 察

以上の結果、ハナショウブ‘千早城’では、萌芽期以降は花茎伸張時と開花時にジベレリン様活性物質の増加が認められた。Hisamatu ら (1999) はトルコキキョウにおいて、ジベレリンは葉の伸展、花茎の伸張および花芽発達に対して制御的に働くが、花芽分化は制御されていないことを示している。また圃場条件下で栽培したストックに GA_3 を処理することで開花が促進されるとしている (Hisamatu ら, 1999)。同様にハナショウブにおいても花茎の伸張および花芽発達にはジベレリンが深く関与していると考えられることから、ジベレリンを植物体に処理することにより、花茎の伸張および花芽発達の促進、またはジベレリン生合成阻害剤を処理することにより、花茎の伸張および花芽発達に対して抑制的に作用することが考えられ、植物生長調節物質による開花調節の可能性が示唆された。

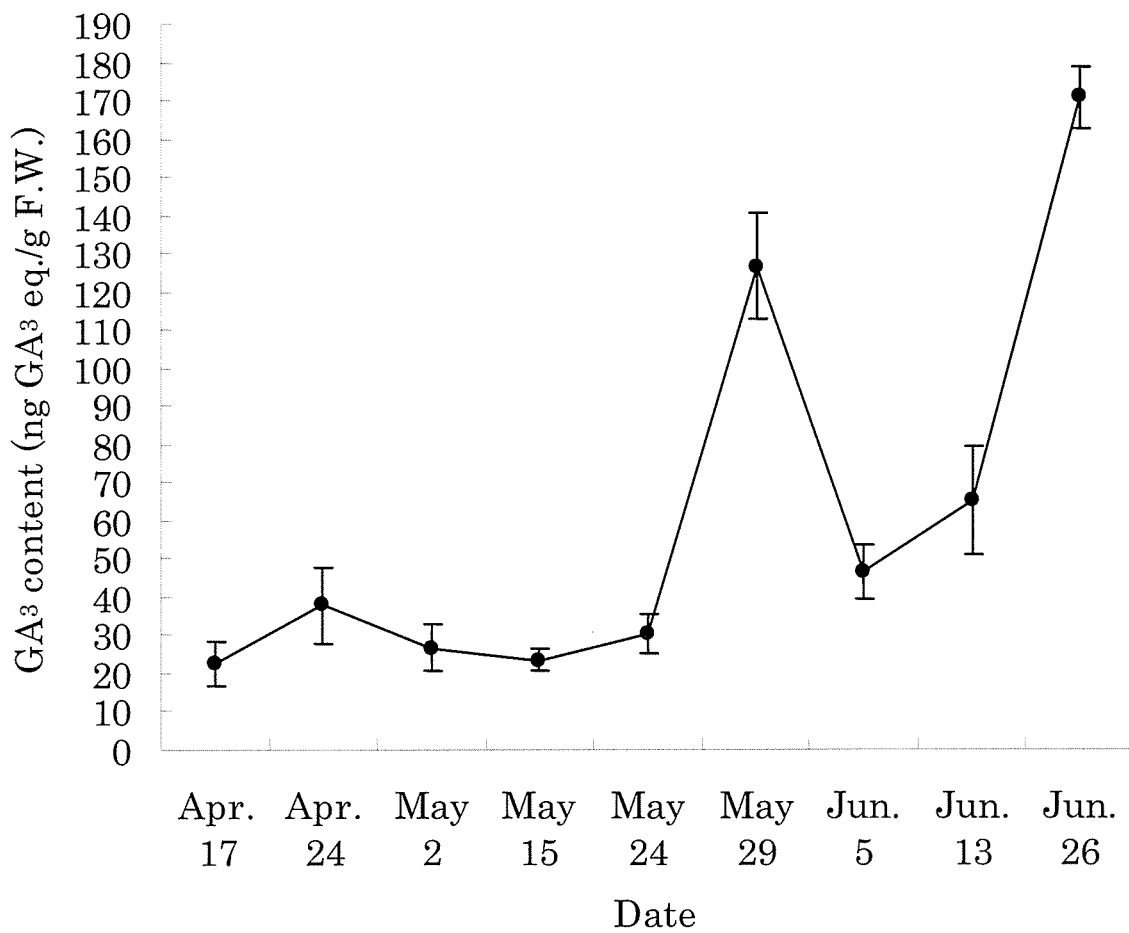


Fig.24 Endogenous gibberellin A₃-like activities of the extract from the shoot apex of Japanese iris cultivar 'Chihayajo' in sprouting period to flowering period. Vertical bars indicate S.E.(n=5).

第VI章 開花に及ぼす GA₃ および GA 生合成

阻害剤の影響

第1節 開花に及ぼす GA₃ およびウニコナゾール P の影響

第V章において、萌芽期以降のハナショウブにおいては花茎伸張時と開花時にジベレリン様活性物質の増加が認められ、花茎の伸張および花芽発達にはジベレリンが深く関与していると考えられる。従ってジベレリンを植物体に処理することにより、花茎の伸張および花芽発達の促進が、また、ジベレリン生合成阻害剤を処理することにより、花茎の伸張および花芽発達の抑制がそれぞれ可能ではないかと思われる。ハナショウブの切り花を早期出荷する技術は、休眠解除後に加温および電照による方法が確立され（植松ら、1983）、また村田（1976）は加温促成栽培において、ジベレリン500ppmを用いて加温栽培することで、5日開花が早くなる現象を確認している。これらのことからジベレリンはハナショウブの開花期に影響を及ぼすものと考えられる。しかし、これらの開花調節の方法はいずれも電照や加温などの設備下で行ったものである。一方、ハナショウブは花菖蒲園などの観賞圃場やポット苗生産も行われ、そのほとんどが露地で栽培され、西日本の自然条件下では開花期は6月中旬に集中する。このため、露地栽培において、植物生長調節剤を用いた簡便なハナショウブの開花調節の方法が確立されれば、観賞圃場においては畝ごとに開花期を促進または抑制することや、品種ごとに観賞期間を拡大することが可能となる。またポット苗生産においては集中しがちな出荷時期を調整し、販売期間を拡大することが可能となる。そこで本章ではハナショウブの開花に及ぼすジベレリンおよびジベレリン生合成阻害剤であるウニコナゾールPの効果を標準的な中生品種を用いて確認した。

材料および方法

供試植物は、兵庫県宍粟郡山崎町の播州山崎花菖蒲園内の養成圃場で栽培管理した肥後系の中生品種‘千早城’を用いた。1997年7月に株分けを行い、内径12cm、容量600mlの黒色ポリ塩化ビニール製ポットへ1株毎に定植し、露地条件下で養成した。定植時の用土は真砂土とピートモスを3:1で混合したものを使用し、肥料はこれに粉末の油粕(N:P₂O₅:K₂O=5.3:2.0:1.0,日清製油)を1個体当たり5g施用した。

処理は、GA₃を50, 100, 250ppm並びにウニコナゾール P((E)-1-(4-chlorophenyl)-4,4-dimethyl-2-(1,2,4-triazol-1-yl)-1-penten-3-ol)を5, 10, および25ppmの濃度とし、1個体当たり約5mlの溶液をハンドスプレーで葉面全体に噴霧した。処理時期は開花2か月前に当たる1998年4月16日(休眠後第6葉展葉時)、開花1か月半前に当たる5月1日(植物体基部に花蕾確認時)、開花1か月前に当たる5月16日(休眠後第9葉展葉時)の3時期とし、合計18処理区を設け、1処理区当たり22個体を供試した。ハナショウブは通常、頂部に2つの花が順番に開花するため、供試個体ごとに第1花および第2花の開花日を調査した。最長葉長、展葉数および花茎長について対照区における第1花の平均開花日に調査を行った。特に展葉数については完全に伸長している緑葉のみ計数した。尚、試験期間中(1998年4月から6月)の気温の変化をFig.25に示した。

結 果

ハナショウブ‘千早城’の開花はGA₃250ppmの散布処理によりいずれの処理時期においても開花が促進された。特に4月16日処理区における第1花の開花は対照区よりも4日早まった(Table 2, Fig.26)。一方、第2花ではいずれの

処理区においても開花日に及ぼす影響は認められなかった。ウニコナゾール P の散布処理では、5月1日の25ppm処理において最も開花が遅延し、第1花は対照区と比較して3日、第2花では7日それぞれ遅延した。また25ppm処理区においては花茎の伸長が抑制され、特に5月1日の25ppm処理区で顕著であった(Fig.27)。また、GA₃処理の場合第1花の開花が促進されたのに対し、ウニコナゾール P 処理では第1花よりもむしろ第2花の開花が遅延した。なお、いずれの処理においても外見上花器に及ぼす影響は認められなかった。

考 察

ジベレリンが開花に及ぼす影響については多くの研究例があり、鈴木ら(1991)は、センニンソウにおいてGA₃は発雷と開花を促進することを、小川・飛岡(1990)はスパティフィラムにおいて、GA₃またはGA₄₊₇を50ppmから500ppmで処理することで開花数を増加し開花を促進させることを示している。さらにヒヨス属やシレネ属の植物においてもジベレリンには開花を促進させる効果があることが知られている(Lang,1956;Paleg・West,1972)。一方、植松・富田(1983)は、ハナショウブの休眠期において、休眠回避や休眠解除に及ぼすジベレリンの施用効果は小さいとしているが、本実験において、萌芽期から開花期にかけては、4月16日のGA₃ 250ppm処理区で第1花の開花促進効果が高かった。富田ら(1981)によると、ハナショウブの花芽は冬季間に緩慢な発達をした後、翌年4月上旬以降急速に発達することを確認している。このことから、花器が急速に発達すると考えられる4月中旬にジベレリン処理を行うことで、ハナショウブの春季における花器の生長を促進し開花期を早めるものと推測される。

ウニコナゾール P 処理区のうち、5月1日の25ppm処理区で第2花の開花遅延効果が顕著であったが、同時に花茎の伸長も抑制された。品質低下をきたさな

いためには、5月1日のウニコナゾールP 10ppm処理が適当であると考え。5月1日は植物体の基部に花蕾の膨らみが認められ、花茎の伸長が外見上確認できる時期であり、休眠後に展葉した葉が葉面散布によるウニコナゾールPの吸収に十分な面積であったことも効果が高まる一因と考えられる。

なお、GA₃葉面散布処理の効果は第1花のみにあらわれ、一方、GA生合成阻害剤の影響は第2花にのみ認められることについては、さらに今後の検討を必要とする。

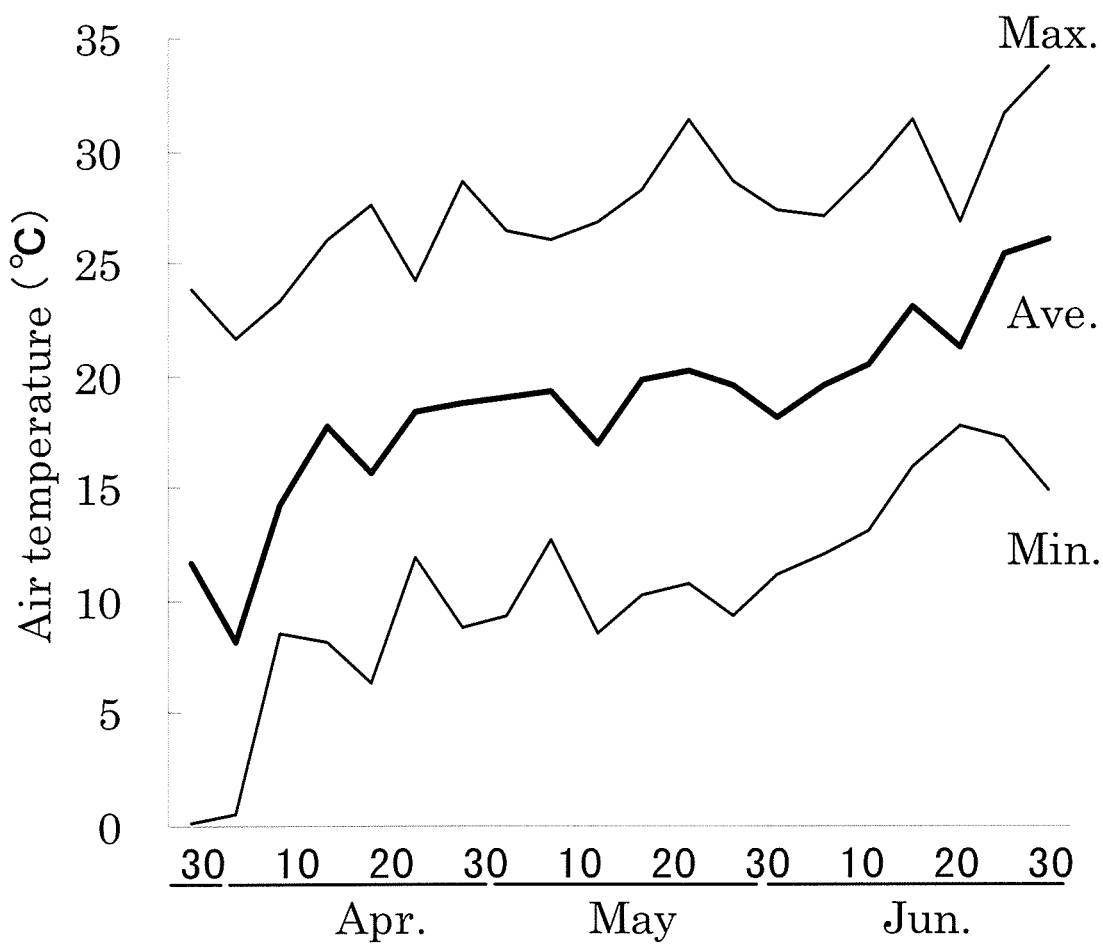


Fig.25 Transition of the temperature in an investigation period (1998).

Table.2 Effect of GA₃ and uniconazole-P to the flowering day and plant form of Japanese iris cultivar 'Chihayajoi'.

Treatment	Conc. (ppm)	Date of treatment (Month.Day)	Average of flowering day (Month.Day)		Maximum leaf length ^Z (cm)	No. of leaves ^Z (No.)	Scape length ^Z (cm)
			1st flower	2nd flower			
Control	-	-	Jun. 6 ^Y	Jun. 11 ^Y	71.2 ^Y	5.9 ^a	63.4 ^a
GA ₃	50	Apl. 16	Jun. 4 ^{ab}	Jun. 10 ^a	71.1 ^a	6.3 ^a	61.5 ^a
	100		Jun. 4 ^b	Jun. 10 ^a	70.2 ^a	6.0 ^a	60.5 ^a
	250		Jun. 2 ^c	Jun. 10 ^a	70.7 ^a	6.2 ^a	61.1 ^a
Uniconazole-P	50	May 1	Jun. 5 ^a	Jun. 10 ^a	71.1 ^a	5.9 ^a	61.9 ^a
	100		Jun. 4 ^{ab}	Jun. 10 ^a	71.4 ^a	5.9 ^a	64.3 ^a
	250		Jun. 4 ^b	Jun. 10 ^a	71.7 ^a	6.0 ^a	61.0 ^a
Uniconazole-P	50	May 16	Jun. 4 ^{ab}	Jun. 10 ^a	68.2 ^a	5.9 ^a	62.1 ^a
	100		Jun. 4 ^{ab}	Jun. 10 ^a	71.4 ^a	6.0 ^a	64.8 ^a
	250		Jun. 4 ^b	Jun. 10 ^a	70.3 ^a	6.3 ^a	65.9 ^a
	5	Apl. 16	Jun. 6 ^a	Jun. 12 ^a	62.6 ^{abc}	5.2 ^a	59.9 ^{abc}
	10		Jun. 6 ^a	Jun. 12 ^a	57.6 ^{bc}	5.2 ^a	54.2 ^c
	25		Jun. 7 ^{ab}	Jun. 13 ^{ab}	55.2 ^c	5.2 ^a	53.0 ^c
	5	May 1	Jun. 6 ^a	Jun. 10 ^a	64.7 ^{abc}	5.3 ^a	60.9 ^{abc}
	10		Jun. 7 ^a	Jun. 15 ^b	64.0 ^{abc}	5.2 ^a	65.3 ^a
	25		Jun. 9 ^b	Jun. 18 ^c	61.5 ^{bc}	5.2 ^a	43.9 ^d
	5	May 16	Jun. 6 ^a	Jun. 12 ^a	70.0 ^a	5.6 ^a	61.8 ^{ab}
10		Jun. 6 ^a	Jun. 12 ^{ab}	71.5 ^a	5.2 ^a	64.5 ^a	
25		Jun. 6 ^a	Jun. 12 ^a	65.2 ^{ab}	5.4 ^a	55.5 ^{bc}	

^Z It investigates on the average flowering day of the 1st flower in a control.

^Y Different letter means significant difference at 5% level by Tukey's multiple range test. (n=22)

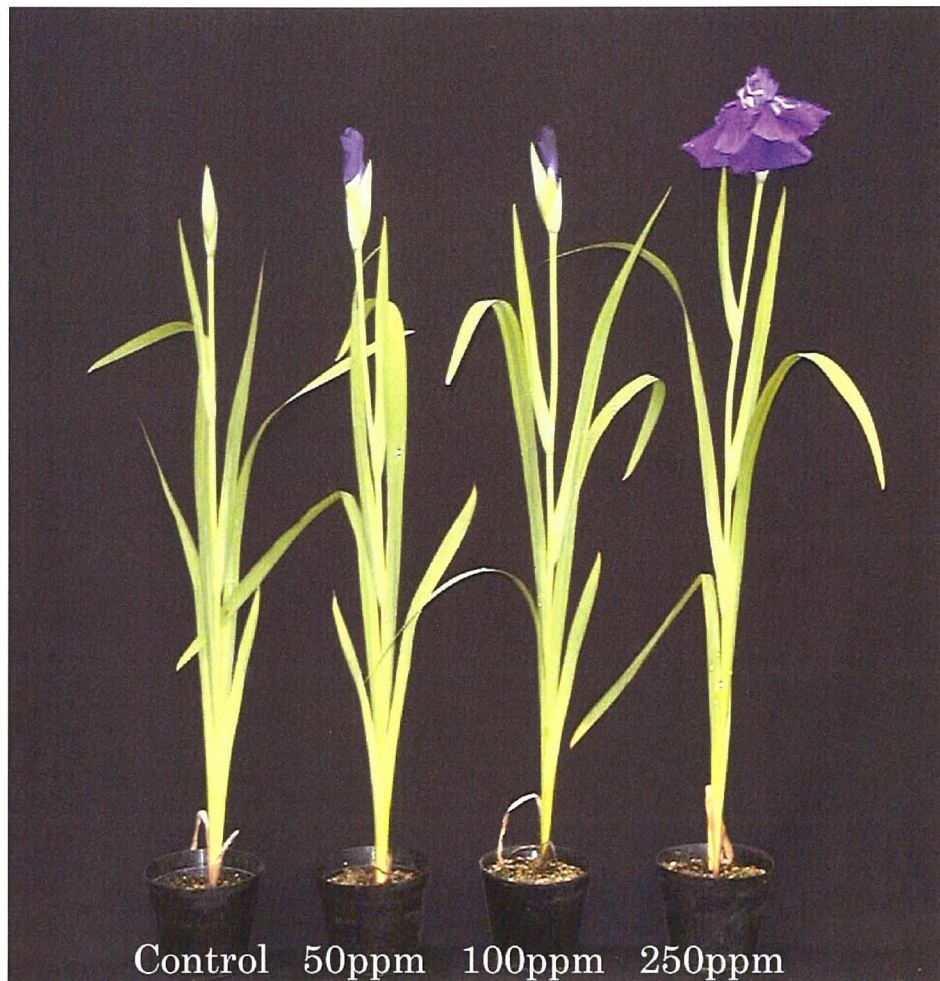


Fig.26 The flowering state of the 1st flower of Japanese iris cultivar 'Chihayajo' in the April 16 treatment division of GA₃.

*A photograph is taken on June 1,1998.



Fig.27 The flowering state of the 2nd flower of Japanese iris cultivar 'Chihayajo' in the May 1 treatment division of Uniconazole-P.

*A photograph is taken on June 10,1998.

第2節 GA₃およびウニコナゾールPに対する反応の品種間差異

前節では中生品種‘千早城’について、4月中旬にジベレリン 250ppmの葉面散布処理を行うことにより第1花の開花が4日促進されることを確認した。また5月上旬にウニコナゾールP 25ppmを葉面散布処理することにより第2花の開花が7日抑制されたが、花茎の伸長も著しく抑制されたため、品質的には10ppm処理が望ましいと考えられた。この場合、第2花の開花が4日抑制された。このためジベレリンおよびジベレリン生合成阻害剤はハナショウブの開花時期に影響をおよぼすものと考えられるが、他品種についての知見は得られていない。本節では開花時期の異なる極早生品種から晩生品種までの品種間差異を調査した。

材料および方法

供試植物は、極早生品種として江戸系の‘八ヶ岳’ (Fig.28)、早生品種として江戸系の‘初鏡’ (Fig.29)、中生品種として江戸系の‘春の海’ (Fig.30)と肥後系の‘千早城’ (Fig.31)、晩生品種として江戸系の‘千代の春’ (Fig.32)と肥後系の‘舞扇’ (Fig.33)を用いた。それぞれ1998年7月に株分けを行い、前節と同様に養成し、処理区ごとに22個体を実験に用いた。処理時期は前節の結果より、GA₃処理は250ppmの濃度で休眠後第6葉展葉時に、ウニコナゾールP処理は10ppmで植物体の基部に花蕾が認められた時期に、それぞれ1個体当たり約5mlを前節と同様の方法で葉面散布処理した。処理後、前節と同様に調査を行った。尚、試験期間中(1999年4月から6月)の気温の変化をFig.34に示した。

結 果

GA₃およびウニコナゾールPの開花に対する反応は、品種により差が認められた(Table 3)。GA₃処理区では第1花における平均開花日は極早生品種の‘八

ヶ岳’では差が認められなかったのに対して中生品種の‘千早城’では3日開花が促進された。また前節と同様に開花の促進効果は第2花には認められなかった。

ウニコナゾールP処理区では第2花における平均開花日が極早生品種の‘八ヶ岳’では差が認められなかったのに対して晩生品種の‘舞扇’では3日遅延した。前節で認められた開花の遅延が第1花よりも第2花に強く認められる現象については極早生品種や早生品種ではみられなかった。また、いずれの品種においても外見上花器に及ぼす影響は認められなかった(Fig.35-40)。

考 察

GA₃処理により第1花の平均開花日が極早生品種の‘八ヶ岳’では差が認められなかったのに対して、中生品種の‘千早城’では前年に行った実験と同様の効果が認められ、3日開花が促進された。一方、ウニコナゾールP処理では第2花の平均開花日が極早生品種の‘八ヶ岳’では差が認められなかったのに対して、晩生品種の‘舞扇’では3日遅延した。これらの結果は品種によってジベレリンに対する感受性が異なり最適処理時期も異なる可能性を示しており、実用化に当たっては、さらに検討が必要である。



Fig.28 Very early flowering cultivar of Japanese iris 'Yatugatake' .

(*Iris ensata* Thunb. cv. Yatugatake)



Fig.29 Early flowering cultivar of Japanese iris 'Hatukagami' .

(*Iris ensata* Thunb. cv. Hatukagami)

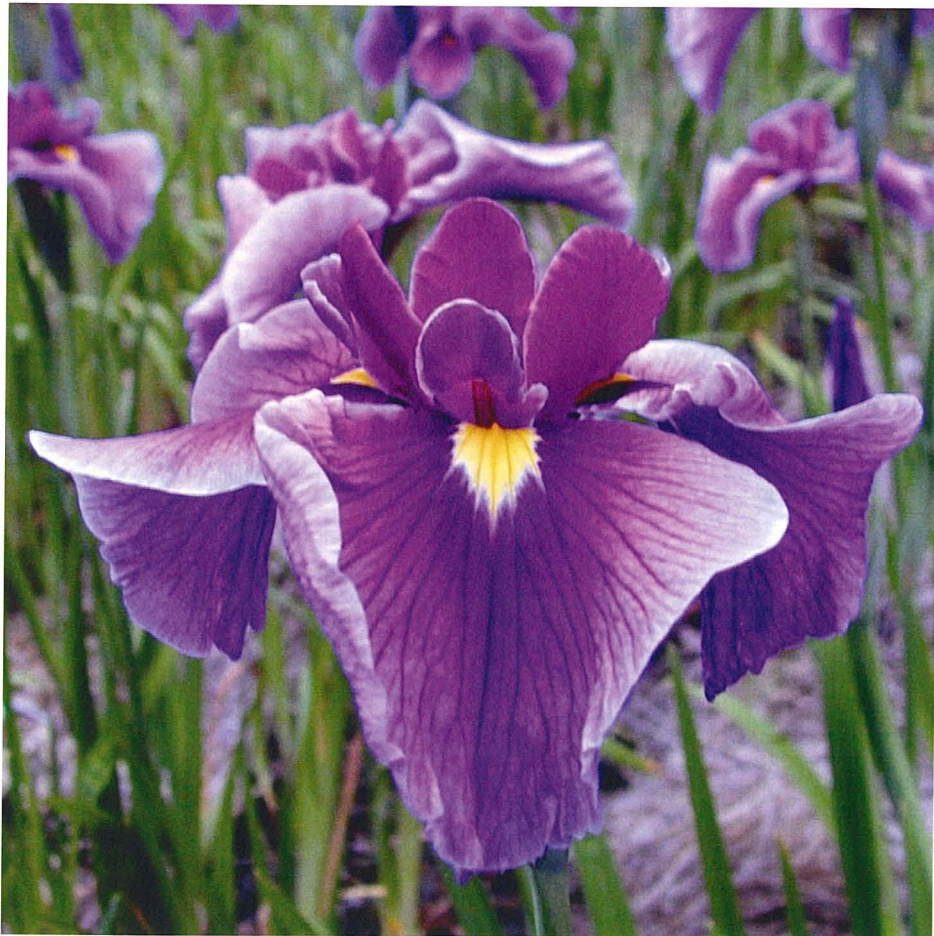


Fig.30 Medium flowering cultivar of Japanese iris 'Haru-no-umi' .

(*Iris ensata* Thunb. cv. Haru-no-umi)



Fig.31 Medium flowering cultivar of Japanese iris 'Chihayajo' .

(*Iris ensata* Thunb. cv. Chihayajo)



Fig.32 Late flowering cultivar of Japanese iris 'Chiyo-no-haru' .

(*Iris ensata* Thunb. cv. Chiyo-no-haru)



Fig.33 Late flowering cultivar of Japanese iris 'Maiogi' .

(*Iris ensata* Thunb. cv. Maiogi)

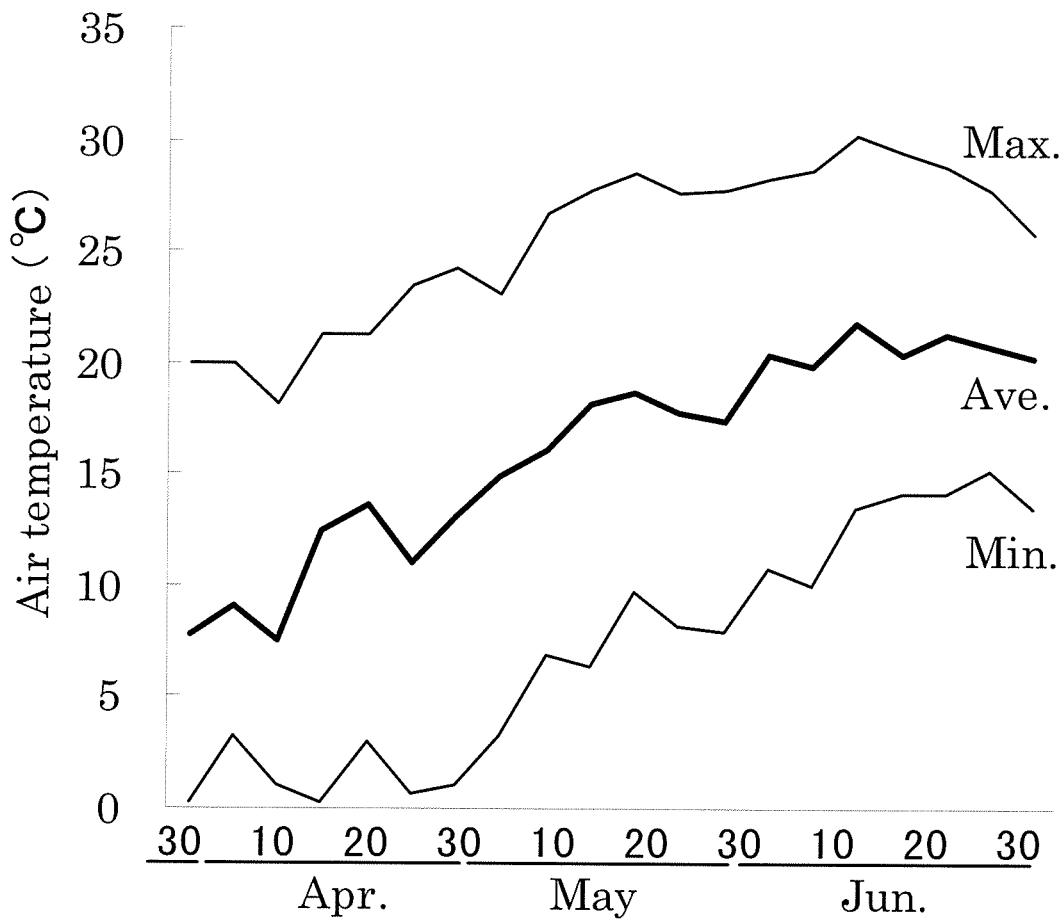


Fig.34 Transition of the temperature in an investigation period (1999).

Table 3 Cultivar difference on the effect of GA₃ and uniconazole-P to the flowering day and plant form of Japanese iris cultivar 'Chihayajo'.

(Earliness)	Cultivars	Plant growth regulator	Conc. (ppm)	Date of treatment	Average of flowering day (Month.Day)		Maximum leaf length ^z (cm)	No. of leaves ^z (No.)	Stem length ^z (cm)
					1st flower	2nd flower			
Very early flowering cultivar	'Yatugatake'	Control	-	-	May 27 ^y	Jun. 2 ^a	55.4 ^a	6.2 ^a	86.3 ^a
		GA ₃	250	Apr. 16	May 27 ^a	Jun. 2 ^a	60.9 ^a	6.6 ^a	86.7 ^a
		Uniconazole-P	10	Apr. 29	May 28 ^a	Jun. 2 ^a	53.9 ^a	6.0 ^a	84.6 ^a
Early flowering cultivar	'Hatukagami'	Control	-	-	Jun. 6 ^a	Jun. 10 ^a	54.2 ^a	5.8 ^{ab}	73.9 ^a
		GA ₃	250	Apr. 17	Jun. 4 ^b	Jun. 10 ^a	55.2 ^a	6.2 ^a	74.1 ^a
		Uniconazole-P	10	May 2	Jun. 8 ^b	Jun. 11 ^a	54.4 ^a	5.4 ^b	74.1 ^a
Medium flowering cultivar	'Haru-no-umi'	Control	-	-	Jun. 10 ^a	Jun. 14 ^a	57.1 ^b	6.7 ^b	74.4 ^b
		GA ₃	250	Apr. 20	Jun. 8 ^b	Jun. 14 ^a	65.5 ^a	7.5 ^a	82.3 ^a
		Uniconazole-P	10	May 6	Jun. 12 ^a	Jun. 16 ^b	57.0 ^b	6.6 ^b	73.3 ^b
Medium flowering cultivar	'Chihayajo'	Control	-	-	Jun. 17 ^a	Jun. 20 ^a	60.9 ^a	6.6 ^a	78.9 ^a
		GA ₃	250	Apr. 21	Jun. 14 ^b	Jun. 19 ^a	61.4 ^a	6.9 ^a	81.0 ^a
		Uniconazole-P	10	May 7	Jun. 18 ^a	Jun. 22 ^b	60.4 ^a	6.5 ^a	78.8 ^a
Late flowering cultivar	'Chiyo-no-haru'	Control	-	-	Jun. 21 ^a	Jun. 24 ^a	64.5 ^b	5.5 ^{ab}	75.8 ^{ab}
		GA ₃	250	Apr. 26	Jun. 20 ^a	Jun. 24 ^a	71.8 ^a	6.0 ^a	82.2 ^a
		Uniconazole-P	10	May 13	Jun. 21 ^a	Jun. 25 ^a	63.6 ^b	5.0 ^b	73.6 ^b
Late flowering cultivar	'Maioji'	Control	-	-	Jun. 21 ^a	Jun. 24 ^a	60.9 ^a	5.0 ^{ab}	71.2 ^a
		GA ₃	250	Apr. 28	Jun. 20 ^a	Jun. 24 ^a	65.1 ^a	5.7 ^a	76.8 ^a
		Uniconazole-P	10	May 16	Jun. 23 ^b	Jun. 27 ^b	60.2 ^a	4.6 ^b	63.3 ^a

^z It investigates on the average flowering day of the 1st flower in a control.

^y Different letter means significant difference at 5% level by Tukey's multiple range test. (n=22)



Control

GA₃
25ppm

Uniconazole-P
10ppm

Fig.35 Effect of GA₃ and uniconazole-P to the flowering day and plant form of Japanese iris cultivar 'Yatugatake' .

*A photograph is taken on May 27,1999.



Control

GA₃
25ppm

Uniconazole-P
10ppm

Fig.36 Effect of GA₃ and uniconazole-P to the flowering day and plant form of Japanese iris cultivar 'Hatukagami' .

*A photograph is taken on June 4,1999.



Control

GA₃
25ppm

Uniconazole-P
10ppm

Fig.37 Effect of GA₃ and uniconazole-P to the flowering day and plant form of Japanese iris cultivar 'Haru-no-umi' .

*A photograph is taken on June 10,1999.



Control

GA₃
25ppm

Uniconazole-P
10ppm

Fig.38 Effect of GA₃ and uniconazole-P to the flowering day and plant form of Japanese iris cultivar 'Chihayajo' .

*A photograph is taken on June 15,1999.



Control

GA₃
25ppm

Uniconazole-P
10ppm

Fig.39 Effect of GA₃ and uniconazole-P to the flowering day and plant form of Japanese iris cultivar 'Chiyo-no-haru' .

*A photograph is taken on June 20,1999.



Control

GA₃
25ppm

Uniconazole-P
10ppm

Fig.40 Effect of GA₃ and uniconazole-P to the flowering day and plant form of Japanese iris cultivar 'Maiogi' .

*A photograph is taken on June 22,1999.

第 3 節 GA 生合成阻害剤の種類の違いが開花に及ぼす影響

中生品種‘千早城’の花茎が伸長する直前の時期にあたる 5 月上旬に，ウニコナゾール P-25ppm を葉面散布処理することで，第 2 花の開花が 7 日抑制されることを認めた．本節では，様々なジベレリン生合成阻害剤が植物体の生長および開花に及ぼす影響の差異について調査した．

材料および方法

供試植物は，肥後系の中生品種‘千早城’を用いた．実験には 1998 年 7 月に株分けを行い，実験 1 と同様に養成した個体を処理区毎に 22 個体用いた．ジベレリン生合成阻害剤として，クロルメコート (2-chloroethyltrimethylammonium chloride) を 1000 および 2000ppm，ウニコナゾール P を 10 および 25ppm，パクロブトラゾール ((2RS,3RS)-1-(4-chlorophenyl)-4,4-dimethyl-2-(1H-1,2,4-triazol-1-yl)pentan-3-ol) を 250 および 500ppm，ダミノジット (N-(dimethylamino)-succinamic acid) を 1000ppm および 2000ppm の濃度で供試した．処理は植物体の基部に花蕾が認められた時期 (1999 年 5 月 7 日) に，それぞれ 1 個体当たり約 5ml を実験 1 と同様の方法で散布して行った．処理後，実験 1 と同様に調査を行った．

結 果

開花日に及ぼす影響は，最長葉長や花茎長における伸長抑制の程度とは必ずしも一致せず，中でも花茎長への影響が低かったクロルメコート 2000ppm 処理区 (Fig.41) においては第 2 花の開花がパクロブトラゾール 500ppm 処理区 (Fig.43) と同様に，対照区よりも 4 日遅延された (Table 4)．また開花日に及ぼす影響はいずれの処理区においても第 1 花よりも第 2 花に強く現れることが認められた．クロルメコートおよびダミノジット処理区 (Fig.44) はいずれの処理

濃度においても最長葉長，展葉数および花茎長に及ぼす影響は低かった．これに対して，パクロブトラゾール 500ppm 処理区では著しく花茎の伸長が抑制された．また，いずれのジベレリン生合成阻害剤においても外見上花器に及ぼす影響は認められなかった(Fig.41-44)．

考 察

本実験で用いたクロルメコートなどのオニウム型ジベレリン生合成阻害剤は，植物の種類によって生長抑制効果に大きな差があるとされ(Rademacher, 1991)，ハナショウブにおいても今回試験を行った濃度の範囲ではクロルメコート処理は花茎の伸長に及ぼす影響は小さいと考えられる．一方，パクロブトラゾールやウニコナゾールPなどトリアゾール系ジベレリン生合成阻害剤は，ジベレリン代謝経路のent-カウレン→ent-カウレノール→ent-カウレナール→ent-カウレン酸の各酸化反応を阻害することが確認されており(Leverら,1982; Hedden・Graebe,1985;Izumiら,1985) オニウム型ジベレリン生合成阻害剤よりも阻害点と阻害効果が明確であり，広範な植物に対して作用するとされている(Rademacher,1991)．今回の実験においてもパクロブトラゾール 500ppm処理区では花茎の伸長が著しく抑制された．しかしながら，クロルメコート 2000ppm処理区においては第2花の平均開花日がパクロブトラゾール 500ppm処理区と同様に，対照区よりも4日開花が遅延したことから，開花の遅延は，花茎の伸長抑制の程度とは必ずしも一致しないことが認められた．従ってハナショウブの花茎の生長と開花の機構を明らかにするためには，これらジベレリン生合成阻害剤の影響を詳細に検討する必要がある．

以上の結果，中生品種の‘千早城’では品質の低下をともなわずに最大4日促進，4日遅延させることが可能であった．このことは，観賞圃場において畝ごとに開花期を促進または遅延させることで，1品種の観賞期間を1週間以上拡

大できることを示しており、花菖蒲園などの観光園にとっては最も重要となる土・日曜日に必ず開花している状態が得られる。また、ポット苗生産においては開花時期を段階的にずらすことで、出荷時期を調整することが可能となり、一時期に集中しがちなハナショウブの販売期間を拡大できるものと思われ、現場への利用の可能性が示唆された。

Table 4 Effect of plant growth retardants to the flowering day and plant form of Japanese iris 'Chihayajo'.

Plant growth retardant	Conc. ^z (ppm)	Average of flowering day		Maximum leaf length ^y (cm)	No. of leaves ^z (No.)	Stem length ^y (cm)
		1st flower	2nd flower			
Control		Jun. 17 a ^x	Jun. 20 a ^x	60.9 a ^x	6.6 a ^x	78.9 a ^x
Chloromequat chloride	1000	Jun. 17 a	Jun. 21 a	60.1 ab	6.3 a	78.9 a
	2000	Jun. 19 b	Jun. 24 c	59.8 ab	6.3 a	75.8 a
Uniconazole-P	10	Jun. 18 a	Jun. 22 b	57.9 abc	6.1 a	72.9 a
	25	Jun. 18 a	Jun. 23 bc	56.4 abc	6.1 a	69.9 b
Paclobutrazol	250	Jun. 18 a	Jun. 22 bc	54.6 bc	6.2 a	49.3 c
	500	Jun. 20 b	Jun. 24 c	52.7 c	6.4 a	45.4 c
Daminozide	1000	Jun. 17 a	Jun. 21 a	59.4 ab	6.5 a	76.0 a
	2000	Jun. 18 a	Jun. 22 b	58.6 abc	6.8 a	75.7 a

^z It treatment on May 7, 1999.

^y It investigates on the average flowering day of the 1st flower in a control.

^x Different letter means significant difference at 5% level by Tukey's multiple range test. (n=22)



Control 1000ppm 2000ppm

Fig.41 The flowering state of the 2nd flower of Japanese iris cultivar 'Chihayajo' in the May 7 treatment division of chlormequat chloride.

*A photograph is taken on June 16,1999.



Control 10ppm 25ppm

Fig.42 The flowering state of the 2nd flower of Japanese iris cultivar 'Chihayajo' in the May 7 treatment division of uniconazole-P.

*A photograph is taken on June 16,1999.



Control 250ppm 500ppm

Fig.43 The flowering state of the 2nd flower of Japanese iris cultivar 'Chihayajo' in the May 7 treatment division of paclobutrazol.

*A photograph is taken on June 16,1999.



Control 1000ppm 2000ppm

Fig.44 The flowering state of the 2nd flower of Japanese iris cultivar 'Chihayajo' in the May 7 treatment division of daminozide.

*A photograph is taken on June 16,1999.

第Ⅶ章 花芽分化後の長日処理が生育相と

開花に及ぼす影響

第Ⅵ章においてGA₃およびGA生合成阻害剤を用いることで、中生品種の‘千早城’では品質の低下をとまなわずに最大4日促進、4日遅延させることが可能であった。ハナショウブは9月下旬に花芽分化し、その後、花芽は緩慢に発達した後、萌芽期以降の高温・長日で開花に至ることが知られている(富田,1981)。植松ら(1982)はハウス電照栽培において、休眠が解除された後は、高温で開花が著しく早まり、長日で若干促進する傾向があることを明らかにしている。また、14時間以上の日長になる電照を休眠導入期から行くと、昼温20℃、夜温10℃加温区では30日間で休眠が回避される(植松ら,1982)としている。一方、露地栽培では11月上旬以降は地上部の葉が枯れて休眠状態となるが、この現象については気温の低下に伴って誘起されるものと考えられている(富野,1967)。本章では、ハナショウブの露地観賞圃場において、開花調節の期間を拡大することを目的に、日長処理がハナショウブの生育相と開花に及ぼす影響について検討した。

材料および方法

供試植物は、兵庫県宍粟郡山崎町の播州山崎花菖蒲園内の養成圃場で栽培管理した江戸系の早生品種‘初霜’(Fig.45)および肥後系の中生品種‘千早城’(Fig.38)を用いた。2000年7月に株分けを行い、内径12cm、容量600mlの黒色ポリ塩化ビニール製ポットへ1株毎に定植し、露地条件下で養成した。定植時の用土は真砂土とピートモスを3:1で混合したものを使用し、肥料はこれに粉末の油粕(N:P₂O₅:K₂O=5.3:2.0:1.0,日清製油)を1個体当たり5g施用した。

処理は、1区あたり22個体を供試し、露地条件下で行った。長日処理は1日の明期を5:00~21:00の16時間、および3:00~23:00の20時間とし、100V、100Wの白熱灯を1m間隔に設置して上部葉周辺の照度が100 lx以上となる様に調節して行った。処理開始時期は9月16日、10月1日、10月16日の3時期とし、合計12処理区について長日処理を開花期まで継続した。また、対照としては自然日長下で栽培した個体を用いた。ハナショウブは通常、頂部に2つの花が順番に開花するため、供試個体ごとに第1花および第2花の開花日を調査した。また、処理開始後14日毎に最長葉長、展葉数および花茎長の調査を行った。特に展葉数については完全に伸長している緑葉のみ計数した。なお、試験期間中(2000年9月から2001年6月)の気温の変化をFig.46に示した。

結 果

早生品種の‘初霜’では、自然日長区において11月上旬以降は展開葉が次第に枯死し、12月下旬に全ての展開葉が枯死した(Fig.47)。これに対して長日処理を行った区では、いずれの電照開始日、電照時間においても、冬季に展開葉は枯死しなかったが、葉の一部に霜害が認められた。また、16時間照明区よりも20時間照明区的最長葉長はいずれの電照開始日においても長かった(Fig.48)。開花日については9月16日電照開始/20時間照明区において最も影響が大きく、第1花では自然日長区と比較して15日開花が促進された(Table 5, Fig.49)。また、16時間照明区との差は2日であった。花茎長は、全ての長日処理区において自然日長区よりも短くなった。

中生品種の‘千早城’では‘初霜’と同様に、長日処理を行った区では、何れの電照開始日、電照時間においても、展開葉が枯死しなかった(Fig.50)。特に9月16日に電照を開始した区では16時間、20時間照明区の両方とも開花率が極めて低く花器の形状に異常が認められる個体も存在し、未開花個体は開花期を

過ぎても展開葉は枯死しなかった(Fig.51, Fig.52). 開花日については10月1日電照開始/20時間照明区において最も影響が大きく、自然日長区と比較して25日開花が促進された(Table 51). また、16時間照明区との差は1日であった.

考 察

施設におけるハナショウブの切り花促成栽培において、植松ら(1982)は14時間以上の日長で電照を休眠導入期から行くと、昼温20℃、夜温10℃加温区では30日間で休眠が回避されるとしている。本実験では供試した‘初霜’、‘千早城’ともに冬季には自然日長区で全ての展開葉が枯死したのに対して、長日処理を行った区では何れの電照開始日、電照時間においても、展開葉は枯死しなかった。このことは秋季に長日処理を行うことで、露地条件下において休眠が回避されるものと考えられる。このことは11月以降展開葉が枯死する現象は低温によって誘起されるものではなく、短日によって誘起されることが示唆された。

開花日については‘初霜’で9月16日電照開始/20時間照明区において第1花の平均開花日が自然日長区と比較して15日促進され‘千早城’では10月1日電照開始/20時間照明区において自然日長区と比較して25日開花が促進された。富田ら(1981)は9月下旬から10月上旬の短日条件下で誘起された花芽は、その後緩慢な発達をして、翌年4月以降急速に発達することを明らかにしている。本実験においては、冬季に休眠状態とならないことで、花器の発達が継続的に進行し、開花が促進されたものと考えられる。また‘千早城’においては9月16日に電照を開始した区では16時間、20時間照明区の何れも開花率のみ極めて低く、開花期を過ぎても展開葉の枯死が観察されず、10月1日以降の区においては正常に開花した。従ってハナショウブの花芽分化は長日条件によって阻害されることが明らかであるといえよう。このため9月16日の時点では完全に花芽分化していないものと考えられる。この結果から花芽分化の時期は品種間で差があることを

示すものである。

前章の結果から、露地条件で栽培した‘千早城’ではジベレリンを用いた場合、最大4日開花を促進することが可能であったが、本章で得られた結果は、花芽分化後に電照を行うことで最大25日促進することを可能とするものである。



Fig.45 Early flowering cultivar of Japanese iris 'Hatusimo' .

(*Iris ensata* Thunb. cv. Hatusimo)

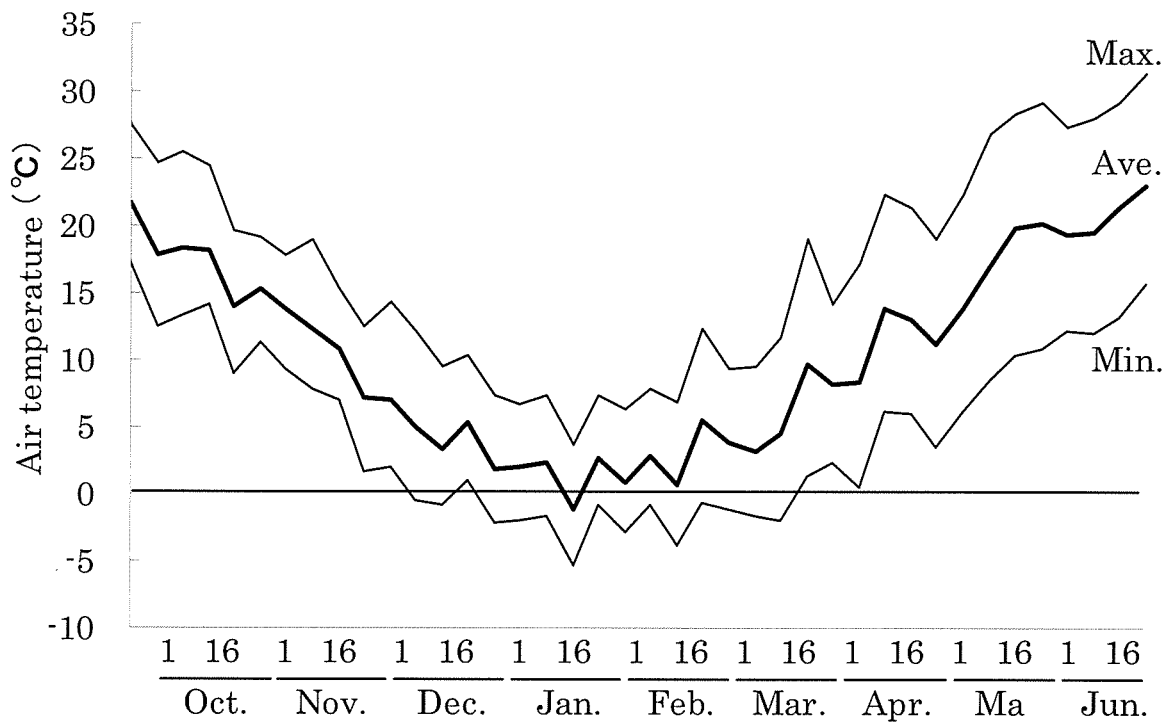


Fig.46 Transition of the temperature in an investigation period (2000-2001).

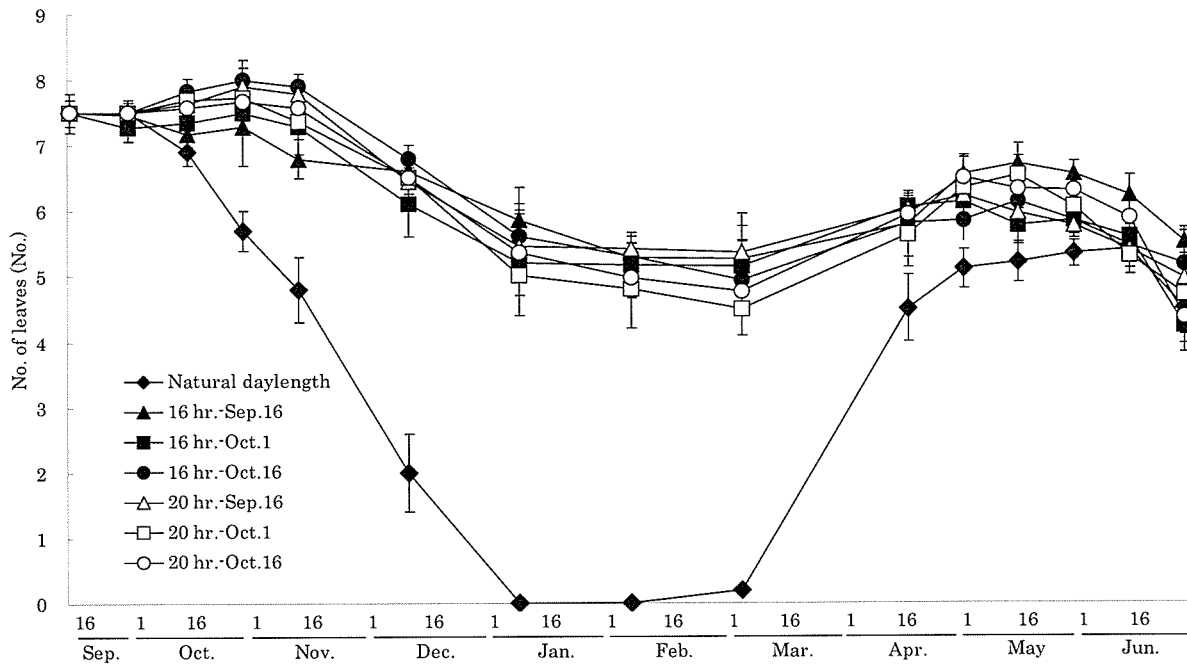


Fig.47 Effects of the long day-length after flower bud formation on the number of leaves of Japanese iris 'Hatusimo' in open fields.

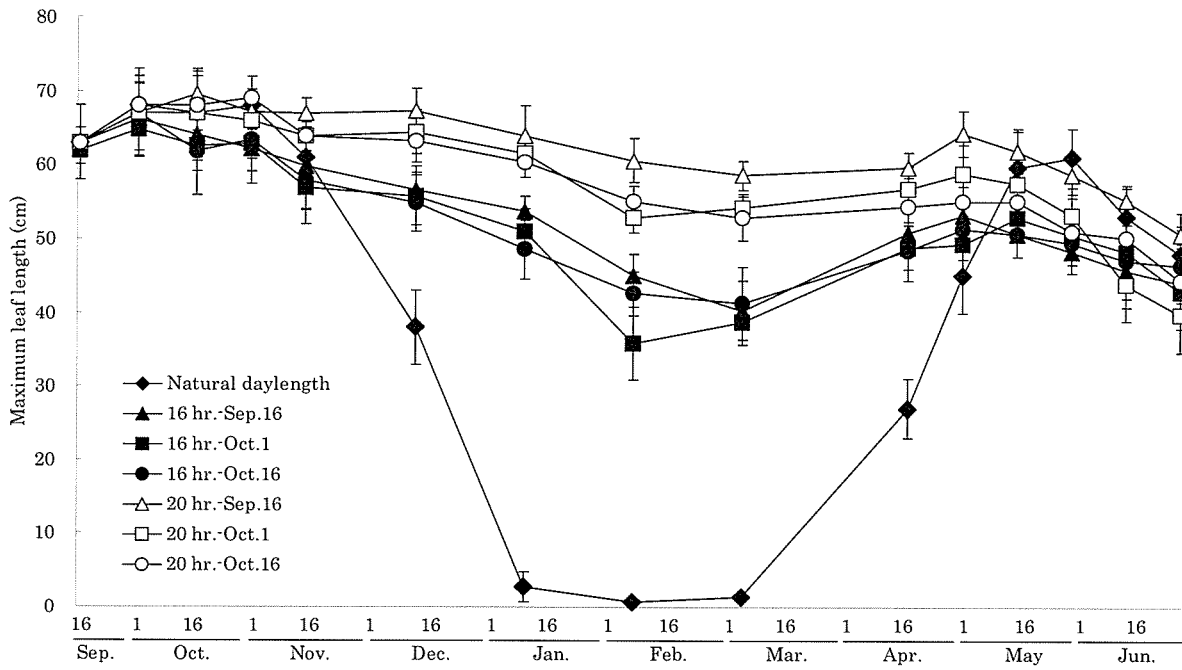


Fig.48 Effects of the long day-length after flower bud formation on the maximum leaf length of Japanese iris 'Hatusimo' in open fields.

Table 5 Effects of the long daylength after flower bud formation on the flowering day and stem length of Japanese iris cultivars.

Cultivars	Photoperiod	Starting date of treatment	Average of flowering date		Flowering (%)	Scape length ^Z (cm)
			1st flower	2nd flower		
Early flowering cultivar	Natural daylength 16 hr.	May 16	May 29 c ^Y	Jun. 1 c ^Y	100	79.5 b ^Y
		Sep. 16	May 16 ab	May 19 ab	100	76.5 a
	20 hr.	Oct. 1	May 17 b	May 20 ab	100	75.3 a
		Oct. 16	May 18 b	May 22 b	100	76.2 a
'Hatusimo'	20 hr.	Sep. 16	May 14 a	May 18 a	95	76.2 a
		Oct. 1	May 16 ab	May 19 ab	100	74.3 a
	Natural daylength	Oct. 16	May 17 b	May 20 ab	100	73.8 a
		Jun. 10 c ^Y	Jun. 14 c ^Y	100	64.3 b	
Medium flowering cultivar	16 hr.	Sep. 16	May 20 ab	May 24 ab	55	60.2 ab
		Oct. 1	May 17 a	May 20 a	95	66.3 b
	20 hr.	Oct. 16	May 20 ab	May 23 ab	100	64.9 b
		Sep. 16	May 22 b	May 25 b	45	58.8 a
'Chihayajo'	20 hr.	Oct. 1	May 16 a	May 19 a	91	63.3 b
		Oct. 16	May 18 a	May 20 a	95	65.4 b

^Z It investigates on the average flowering day of the 1st flower.

^Y Different letter means significant difference at 5% level by Tukey's multiple range test. (n=22)



Natural 20 hr. 20 hr. 20 hr.
day-length Sep.16 Oct.1 Oct.16

Fig.49 Effects of the long day-length after flower bud formation on the flowering day and plant form of Japanese iris 'Hatusimo'.

* A photograph was taken on May 14,2001.

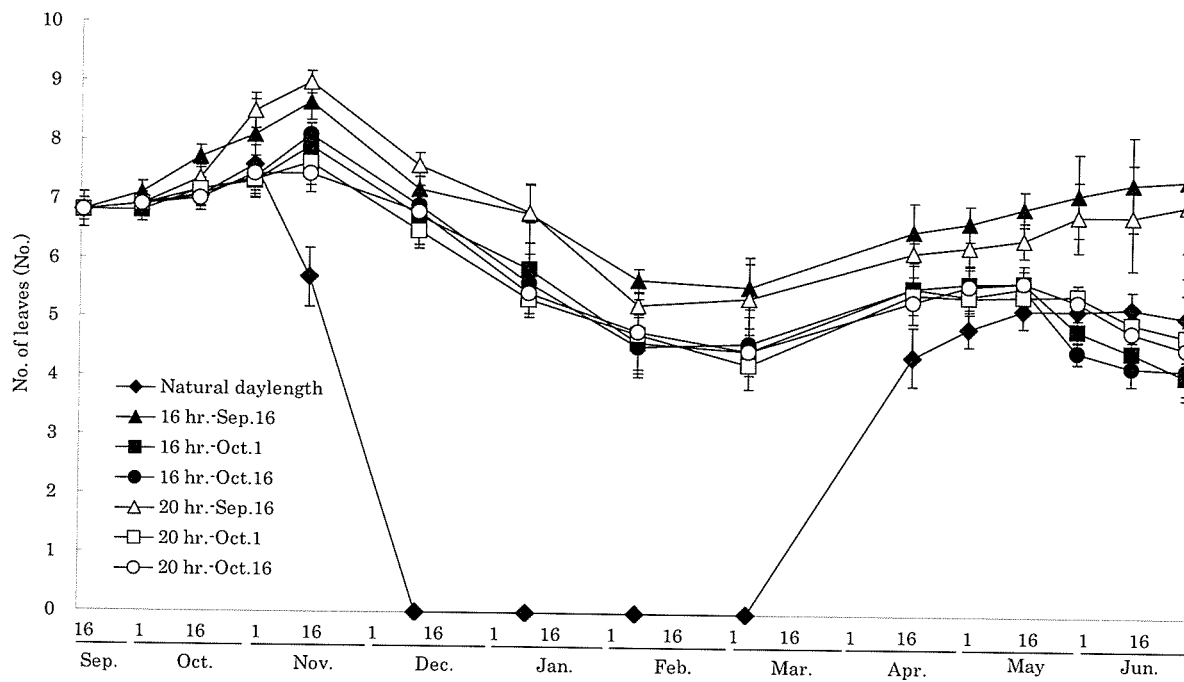


Fig.50 Effects of the long day-length after flower bud formation on the number of leaves of Japanese iris 'Chihayajo' in open fields.

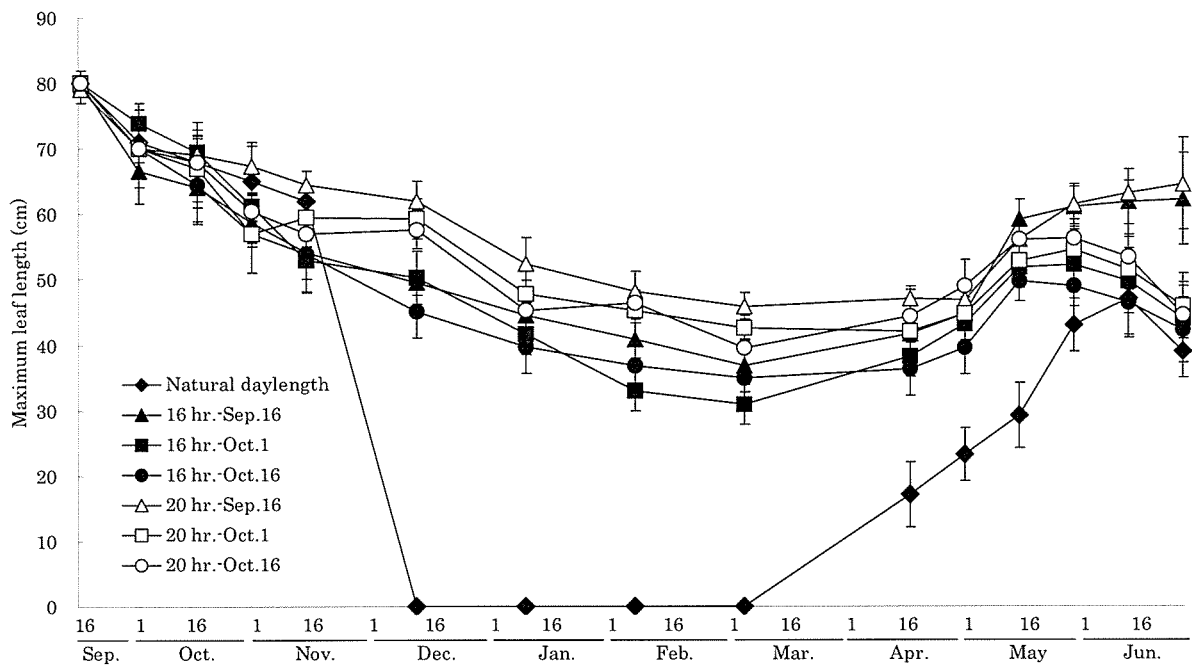


Fig.51 Effects of the long day-length after flower bud formation on the maximum leaf length of Japanese iris 'Chihayajo' in open fields.



Natural
day-length

20 hr.
Sep.16

20 hr.
Oct.1

20 hr.
Oct.16

Fig.52 Effects of the long day-length after flower bud formation on the flowering day and plant form of Japanese iris cultivar 'Chihayajo'.

* A photograph was taken on May 17,2001.

第Ⅷ章 総合考察

ハナショウブでは、開花個体を得るためには開花前年の晩秋までに地上部の展開葉が8~10枚必要であること(富野,1957)が報告されている。葉の乾物重が最大となるのは10月上旬で、全糖およびデンプン含有量は、10月上旬まで増加し、休眠期は根において最も多く保有されていた。可溶性糖では特にスクロース含有量が高く、スクロースは休眠期間中における主要な糖の貯蔵形態として根に存在していた。また、全窒素含有量は、8月から10月上旬まで葉において急激な増加がみられたが、その後、休眠期には根および地下茎で増加した。このことから、休眠期における炭水化物の主な貯蔵器官は根であり、窒素化合物の主な貯蔵器官は根および地下茎と考えられる。また、休眠期までに吸収された窒素の1/4程度は葉の老化および枯死に伴い損失し、翌年の生育に直接利用されないことが明らかとなり、萌芽期以降の植物体の生育を促すためには、休眠期における地下部の窒素化合物貯蔵量の増加を図ることが重要であると考えられる。また休眠期における全糖含有率は葉において最も高かった。一方、葉におけるデンプン含有率は減少し、可溶性糖では特にスクロース含有率が増加した。Croweら(1990)の報告ではスクロースは単糖類よりも効果的に凍結を防止するとしている。このことから、デンプンが糖に変化することで浸透圧が高まり、最も低温の影響を受け、凍害の発生しやすい状態にある葉の耐凍性の増大に、糖濃度が深く関与していることが示唆された。

萌芽期以降、根のデンプンおよび全糖含有量は低下し、可溶性糖では休眠期には根において最も多く保有されていたスクロース含有量が低下した。一方、葉においてはグルコース含有量が増加した。筒井ら(1962)はヒヤシンスの貯蔵形態と考えられる非還元糖やデンプンの含有量は、萌芽期から開花期にかけて

急激に減少し，非還元糖やデンプンが，還元糖の形になって，茎葉の初期生長や花の完成に消費されているであろうと推察している．ハナショウブにおいても，葉で生成され休眠期までに主として根に蓄えられたスクロースが萌芽期以降は，グルコース等の還元糖になり，茎葉の初期生長や花器の発達に利用されていると考えられる．また，全窒素含有量は萌芽期以降葉において増加し，一方で，地下茎と根の含有量については減少した．筒井ら(1964)によると地下部の窒素化合物は，根の発育や萌芽期における茎葉の生長に消費されて減少すると報告し，萌芽期における葉の伸長には地下茎と根に貯蔵された窒素化合物が使われていることが推察される．このことから冒頭で引用した開花個体を得るために展葉数を8～10枚確保しなければならない時期は開花前年の10月上旬以前であり，この時期までに展開葉を8～10枚確保するためには，開花後遅滞無く移植を行い，開花前年の夏季における生育を促すことが重要であると考えられる．

開花期における全窒素含有量は開花期の花茎において増加し，地下茎と葉で減少した．従って，花茎の伸長や花器の発育には主に地下茎と葉の窒素化合物が利用されているものと推察される．また，花茎の全糖，デンプンの含有量が急激に増加したが，他の部位に大きな変化はみられなかった．特に可溶性糖では花茎においてフルクトースが最も高く，次いでグルコース，スクロースの順に含有量が高かった．一般に開花に伴う花卉の展開には糖濃度が関連していることが知られており，花卉中のデンプンが分解されて生成された可溶性糖が浸透圧調節物質として働くことで細胞の浸透ポテンシャルを低くし，細胞肥大のための水の取り込みを促進することが報告されている(Ho and Nichols,1977 ; Evans and Reid,1988)．また，カーネーション，ハイブリットスターチス，グラジオラスをはじめとする多くの花きでは，開花に伴いスクロース含有量が減

少するのに対して、グルコースおよびフルクトース含有量は増加することが知られ(市村, 1998), バラや, カーネーションの花弁にはフルクトースが主要な糖として含まれている(市村ら, 1996; 松山ら, 1998)ことが知られている. このことから, ハナショウブにおける花器の発達や花被片の展開において, 花器を含む花茎の全糖, デンプンの含有量, 特に可溶性糖ではフルクトースが重要な意味を持つものと思われる.

村田(1976)は, 冬季に施設内で加温促成中のハナショウブにジベレリン 500ppm を処理することで, 5日開花が早くなることを確認していることからハナショウブの開花にはジベレリンが関与していることが推測されるが, 植物体内におけるジベレリン様活性の季節変化は全く知られていない. そこで本研究では, ハナショウブの生育に伴うジベレリン様活性の季節変化を調査し, 開花との関連を調査した. この結果, ハナショウブの茎頂において花茎が伸長を開始する5月から開花期の6月にかけてジベレリン含量の増加が見られた. この時期は, 花茎の重量が急激に増加し開花する時期にあたることから, ジベレリンが花茎の伸長や開花に関連していることが示唆された. このため, より短い間隔で茎頂部におけるジベレリン様活性物質の変化を調査したところ, 萌芽期以降は花茎伸張時と開花時にジベレリン様活性物質の増加が認められた. Hisamatuら(1999)はトルコキキョウにおいて, ジベレリンは葉の伸展, 花茎の伸張および花器の発達を促進するとしており, ハナショウブにおいても同様に萌芽以降開花期にかけての展葉および花茎の伸張および花器の発達にジベレリンが深く関与していると考えられた.

ジベレリンは, 多くの花きにおいて花芽の発達促進や花茎の伸長に対する効果があり, 開花調節に広く利用されている. ハナショウブの生育および開花に

おいてのジベレリンの関与が認められたことから、開花調節の可能性を検討する目的で、開花2ヶ月前、1ヵ月半前、1ヶ月前にジベレリンとジベレリン生合成阻害剤を処理し、この影響を調査した。この結果、開花2ヶ月前にジベレリン処理したものが開花の促進に有効であり、開花1ヶ月半前にジベレリン生合成阻害剤であるウニコナゾールPを処理したものが開花の遅延に効果があることが示唆された。このとき開花2ヶ月前は4月中旬、1ヶ月半前は5月上旬にあたる。内生ジベレリン様活性物質の含量は5月以降に増加する傾向が見られたことより、この時期以降にジベレリンを施与しても植物体内のジベレリンレベルが高いために開花促進の効果は少なく、ジベレリンの生合成が盛んでない5月以前に処理することで、ジベレリンの影響をより強く受けたものと考えられる。またジベレリン生合成阻害剤の最も効果があった5月上旬は植物体内でジベレリンの生成が活発になる時期にあたることから、植物体内における生成初期にジベレリン生合成阻害剤を処理したことで最も高い効果が得られたものと考えられる。また、開花時期の異なる極早生品種から晩生品種までの品種間差異を調査したところGA₃処理により第1花の平均開花日が極早生品種の‘八ヶ岳’では差が認められなかったのに対して、中生品種の‘千早城’では前年に行った実験と同様の効果が認められ、3日開花が促進された。一方、ウニコナゾールP処理では第2花の平均開花日が極早生品種の‘八ヶ岳’では差が認められなかったのに対して、晩生品種の‘舞扇’では3日遅延した。これらの結果は品種によってジベレリンに対する感受性が異なり最適処理時期も異なる可能性が示唆された。一方、ジベレリン生合成阻害剤が植物体の生長および開花に及ぼす影響の差異について調査したところ、パクロブトラゾール 500ppm処理区では花茎の伸長が著しく抑制された。しかしながら、クロルメコート 2000ppm処理区においては第2花の平均開花日がパクロブトラゾール 500ppm処理区と同様に、対照区よりも4日開花が遅延したことから、開花の遅延は、花茎の伸長抑制の

程度とは必ずしも一致しないことが認められた。従ってハナショウブの花茎の生長と開花の機構を明らかにするためには、これらジベレリン生合成阻害剤の影響を詳細に検討する必要がある。

以上の結果から、GA₃およびGA生合成阻害剤を用いることで、中生品種の‘千早城’では品質の低下をとまなわずに最大4日促進、4日遅延させることが可能となった。そこで本研究では、ハナショウブの露地観賞圃場において、より開花調節の期間を拡大することを目的に、日長処理がハナショウブの生育相と開花に及ぼす影響についても検討した。供試した‘初霜’、‘千早城’共に冬季には自然日長区で全ての展開葉が枯死したのに対して、長日処理を行った区ではいずれの電照開始日、電照時間においても、展開葉は枯死しなかった。このことはハナショウブにおいては秋季に長日処理を行うことで、露地条件下において休眠が回避されることを示している。従って露地条件では11月以降展開葉が枯死する現象は低温によって誘起されるものではなく、短日によって誘起されることが示唆された。一方、これらの開花日についてみると‘初霜’で9月16日電照開始/20時間照明区において第1花の平均開花日が自然日長区と比較して15日促進され‘千早城’では10月1日電照開始/20時間照明区において自然日長区と比較して25日開花が促進された。‘千早城’においては9月16日に電照を開始した区では16時間、20時間照明区の何れも開花率が極めて低く、また、開花期を過ぎても展開葉は枯死しなかった。このことから、‘千早城’においては実験を行った2000年9月16日の時点では完全に花芽分化していないものと考えられ、花芽分化の時期は品種間で差があることが示唆された。以上に述べた本研究の成果を総合すると、まずこれまで経験に基づいてハナショウブは移植時期の決定や施肥管理が行われていたが、その生育様相および貯蔵栄養成分の季節変化を把握することができた。また生長と密接に関与している内生生長調節物

質であるジベレリンの季節変化を調査することで花茎の伸張時期および開花期にはきわめて活性が高まることが示唆された。この結果を受け、ジベレリンおよびジベレリン生合成阻害剤を用いた簡易な開花調節の方法を検討し、開花期間の拡大が可能となった。また、花芽分化後に長日処理を行うと、露地の低温条件下においてもハナショウブは休眠状態とならず、開花日が促進されることが示唆され、露地条件下で簡易に開花調節を行うことが可能となった。

摘要

本研究ではハナショウブの生態特性および栄養特性を解明し、安定した栽培を行うための基礎的な知見を得る目的で、生育に伴う植物体の各器官における生長量を調査することで生育相を把握した。これに加え体内養分の季節変化を理解するため炭水化物並びに窒素含有量について調査を行った。さらに、生育に伴うジベレリン様活性の季節変化を調査し、開花との関連を調査した。さらにこの調査結果をもとに、露地観賞圃場での開花期間を拡大することを目的に、ハナショウブの開花に及ぼすジベレリンおよびジベレリン生合成阻害剤であるウニコナゾール P による開花調節の方法を検討した。また、ジベレリンおよびジベレリン生合成阻害剤が極早生品種から晩生品種に及ぼす影響の品種間差異を調査するとともに、異なる種類のジベレリン生合成阻害剤がハナショウブの生長および開花に及ぼす影響についても検討を加えた。一方、冬季の高温と長日はハナショウブの開花を促進すると考えられることから、加温設備や植物生長調節物質を必要とせず、露地栽培においても利用可能な開花調節の方法を開発することを目的に、花芽分化後の長日処理が露地で栽培したハナショウブの休眠と開花に及ぼす影響について検討した。

1. ハナショウブの生育相

1. ハナショウブにおける植物体各部位における乾物重の周年変化は、葉では開花前年の10月上旬に全期間中で最大になり、根と地下茎では11月中旬にそれぞれ最大になった。

2. ハナショウブでは、開花個体を得るためには開花前年の晩秋までに植物体を充実させる必要があるとされるが、この時期は葉の乾物重が最大となる10月上旬で、この時期までに展開葉を確保する必要があると考えられた。

2. 生育に伴う体内貯蔵炭水化物の季節変化

1. ハナショウブの生育に伴う体内炭水化物の季節変化を調査した結果、根が休眠期の主要な炭水化物の貯蔵器官として機能していることが示唆された。

2. 各器官における可溶性糖含有率は、休眠期には何れの器官においてもスクロースが高い傾向を示した。根と葉では、萌芽期以降に、スクロースが低下し、グルコースが高くなった。また根では、休眠期以降グルコースが低下し、スクロースが高くなった。地下茎は一年を通してスクロースが高く、グルコース、フルクトースはほぼ同じ動きを示した。開花期にはフルクトースが最も高い値を示した。

3. 各器官における可溶性糖含有量の季節変化は、休眠期には根においてスクロースが主な可溶性糖の貯蔵形態として存在しており、萌芽期以降はグルコース、フルクトースなどの還元糖の形で茎葉の伸長や花器の発達に利用されていることが示唆された。

3. 生育に伴う体内貯蔵窒素の季節変化

1. 全窒素含有量は、8月から10月上旬まで葉において急激な増加がみられたが、その後、葉が枯死する晩秋までに根および地下茎で増加した。萌芽期以降は、葉における全窒素含有量の増加がみられ、一方で、地下茎と根については減少した。

2. 開花期における全窒素含有率は、すべての器官で急激に減少した。一方、全窒素含有量は花茎において増加し、地下茎と葉で減少したことから、花茎の伸長や花器の発育には主に地下茎と葉の窒素化合物が利用されているものと推察される。

3. 休眠期までに吸収された窒素の 1/4 程度は葉の老化および枯死に伴い損失

し、翌年の生育に直接利用されないことが明らかとなった。

4. 休眠期には老化した葉の窒素含量は植物体全体の 25% と、根の窒素含量と同じ程度であった。また、老化した根については 1% と少なく、根の老化に伴う窒素化合物の消失は葉の老化に伴う消失と比較するときわめて少ないと考えられる。

4. 生育に伴う GA 様活性の季節変化

1. 茎頂は根端部分の約 30 倍のジベレリンが含まれていた。茎頂において、開花期に増加が見られた。また茎頂及び根において休眠期にジベレリン含量が増加した。根において、4 月にわずかに増加が見られた。

2. 茎頂においてジベレリン含量が開花期に増加したことから、5 月から 6 月にかけての急激な花茎の伸長にはジベレリンが関与していることが示唆された。

3. 休眠期におけるジベレリン含量の増加は、12 月中旬起こる自発休眠解除と関連しているものと考えられたが、今後他の内生生長物質との関連などの面から検討していく必要があると考えられた。

4. 萌芽期以降は花茎伸張時と開花時にジベレリン様活性物質の増加が認められ、ハナショウブにおいても花茎の伸長および花芽発達にはジベレリンが深く関与していると考えられる。

5. 開花に及ぼす GA₃ および GA 生合成阻害剤の影響

1. 露地条件下において、ハナショウブの開花調節の方法を開発する目的で、ジベレリン A₃ および GA 生合成阻害剤が開花に及ぼす影響を調査したところ、中生品種‘千早城’の第 1 花の開花は、4 月中旬に GA₃ を 250ppm の濃度で葉面散布処理することで、4 日促進された。また 5 月上旬にウニコナゾール P を 25ppm の濃度で葉面散布処理することにより、第 2 花の開花が 7 日遅延したが、

花茎の伸長も著しく抑制された。品質を低下させないためには、10ppm 処理が望ましいと思われる。この場合、第 2 花において 4 日開花が遅延した。

2. GA₃ およびウニコナゾール P の開花期に及ぼす影響について品種間差異を調査したところ、品種による差が認められた。GA₃ 処理区では第 1 花の平均開花日が極早生品種の‘八ヶ岳’では差が認められなかったのに対して、中生品種の‘千早城’では 3 日開花が促進された。ウニコナゾール P 処理区では第 2 花の平均開花日が極早生品種の‘八ヶ岳’では差が認められなかったのに対して、晩生品種の‘舞扇’では 3 日遅延した。

3. ウニコナゾール P に開花抑制の効果が認められたことから、異なる種類のジベレリン生合成阻害剤が植物体の生長および開花に及ぼす影響について調査したところ、パクロブトラゾール処理区とウニコナゾール P の 25ppm 処理区では、開花と花茎の伸長を抑制した。これに対し、クロルメコート処理は開花を遅延させるものの、花茎の伸長に及ぼす影響は低かった。

6. 花芽分化後の長日処理が生育相と開花に及ぼす影響

1. ハナショウブの露地観賞圃場において、開花調節の期間を拡大することを目的に、日長処理がハナショウブの生育相と開花に及ぼす影響について検討したところ、長日処理を行った区では冬季も展開葉が枯死しなかった。このことは秋季に長日処理を行うことで、休眠が回避されることを示すと思われる。また、露地栽培において 11 月以降に展開葉が枯死する現象は低温によって誘起されるのではなく、短日によって誘起されることが示唆された。

2. ‘初霜’では 9 月 16 日電照開始/20 時間照明区において第 1 花の平均開花日が自然日長区と比較して 15 日促進され、‘千早城’では 10 月 1 日電照開始/20 時間照明区において自然日長区と比較して 25 日開花が促進された。

3. ‘千早城’においては 9 月 16 日に電照を開始した区では 16 時間/20 時間照明

区の何れも開花率が極めて低く，開花期を過ぎても展開葉は枯死しなかったことから，花芽分化の時期は品種間で差があることが予想される。

引用文献

- Cosgrove, D. 1986. Biophysical control of plant cell growth. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 37:377-405.
- Crowe, J. H., J. F. Carpenter, L. M. Crowe, and T. J. Anchordoguy . 1990. Are Freezing and dehydration similar stress vectors. A comparison of modes of interaction of stabilizing solutes with biomolecules. *Cryobiology.* 27 : 219-231.
- Dykes, W. R. 1913. *The genus iris.* Cambridge univ. press.
- Evans, R. Y., M. S. Reid. 1988. Changes in carbohydrates and osmotic potential during rhythmic expansion of rose petals. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 113:884-888.
- GIFFORD, E. M. Jr and CORSON, G. E. Jr. 1971. The shoot apex in seed plant. *Bot. Rev.* 37:143-229
- Hedden, P. and J. E. Graebe. 1985. Inhibition of gibberellin biosynthesis by paclobutrazol in cell-free homogenates of *Cucurbita maxima* endosperm and *Malus pumila* embryos. *J. Plant Growth Regul.* 4:111-122.
- Ho, L. C., Nichols, R. 1977. Translocation of ¹⁴C-sucrose in relation to changes in carbohydrate content in rose corollas cut at different stages of development. *Ann. Bot.* 41:227-242.
- 平尾秀一. 1959. 花菖蒲. p63-64. 加島書店. 東京.
- 平尾秀一. 1986. イリス属の分類と特徴. 採集と飼育. 48-5:202-204
- Hisamatu, T., M. Koshioka, N. Oyama, L. N. Mander . 1999 . The relationship between endogenous gibberellins and resetting in *Eustoma grandiflorum*. *J. Japan. Soc. Hort. Soi.* 68. 527-533.

- Hisamatu, T., S. Kubota, M. Koshioka. 1999. Promotion of flowering in stock by prohexadion calcium in plastic-film greenhouse conditions . J. Japan. Soc. Hort. Sci. 68. 540-545.
- 市村一雄. 1998. 切り花の品質保持における糖質の役割. 農業技術. 53(5): 206-210.
- 市村一雄・木幡勝則・山口優一・上山茂文. 1996. バラの切り花における構成糖質の同定とその役割の解析. 園学雑. 65 別 2: 524-525.
- Izumi, K., Y. Kamiya, A. Sakurai, H. Oshio and N. Takahashi. 1985. Studies of sites of action of a new plant growth retardant (E)-1-(4-chlorophenyl)-4,4-dimethyl-2-(1,2,4-triazol-1-yl)-1-penten-3-ol (S-3307) and comparative effects of its stereo isomers in a cell-free system from *Cucurbita maxima*. Plant Cell Physiol. 26:821-827.
- 柏岡精三, 萩巢樹徳. 1997. 伝統園芸植物と文化. p142-15. アボック社. 東京
- Koning, R. E. 1984. The role of plant hormones in the growth of the corolla of *Gaillardia grandiflora* (Asteraceae) ray flowers. Am. J. Bot. 71:1-8.
- Lang, A. 1956. Induction of flower formation in biennial *Hyoscyamus* by treatment with gibberellin. Naturwiss. 43:284-285.
- Lawrence, G. H. M. 1953. A reclassification of the genus *iris*. Gentes herbarum 8. fasc. 4
- Lever, B. G., S. G. Shearing and J. J. Batch. 1982. PP-333-a new broad spectrum growth retardant. p. 3-10. In: British Crop Protection Conference-Weeds, Vol. 1. Croydon, British Crop Protection Council.
- Linnaeus, C. 1764. Fig. Pl. Anim. Med. t. 23 a.
- 松山明彦・久保井榮・植松齊・市村一雄・三浦泰昌. 1998. カーネーションの株つきの花と切り花との花もち期間の差異と糖含有量の関係. 園学雑. 67

別 2 : 457

宮沢文吾. 1936. 花菖蒲の研究. 神奈川農試報.

村田重治. 1976. ハナショウブの促成に関する研究. 静岡県有用植物園研究報告
. 2:51-61.

Nishijima et al. 1995. *Acta Hort.* 394:199-206

小川幸持・飛岡静子. 1990. スパシフィラムの開花におけるジベレリン GA₃ 及び
GA₄₊₇ の促進作用. 園学雑. 59(別 1):504-505.

Paleg, L.C. and C.A. West. 1972. The gibberellins. p.146-181. In: F.C. Steward (e
d.). *Plant physiology IVB*. Academic Press, New York and London.

Palonen, P. 1999. Relationship of Seasonal Changes in Carbohydrates and
Cold Hardiness in Canes and Buds of Tree Red Raspberry Cultivars. *J.*
Amer. Soc. Hort. Sci. 124(5) : 507-513.

Rademacher, W. 1991. Inhiitors of gibberellin biosynthesis: Applications in
agriculture and horticulture. p.296-310. In: N. Takahashi, B.O. Phinney
and J. MacMillan (eds.). *Gibberellins*. Springer-Verlag, New York.

Randolph, L.F. 1947. Chromosome number and classification of bearded
iris. *Bull. Amer. Iris Soc.* 107:68-78.

Randolph, L.F. and Mitra, J. 1959. Chromosome number and classification of
bearded iris. *Bull. Amer. Iris Soc.* 107:68-78.

Randolph, L.F. and Mitra, J. 1960. Chromosomes of Aril and Arilbred Irises.
Bull. Amer. Iris Soc. 157:41-60.

Sasaki, H., Ichimura, K., Oda, M. 1996. Changes in sugar content during cold
accumulation of cabbage seedlings. *Ann. Bot.* 78:365-368.

Simonet, M. 1932. Recherches cytologiques et genetiques chez les iris. *Bull.*
Biol. France et Belgique. 105:255-444

- Simonet, M. 1934. Nouvelles recherches cytologiques et genetiques chez les iris. Ann. Sci. nat. Bot. 10e ser. 16: 229-383
- Siebold, P.F. ex Lem. 1858. Illustr. Hort. v. t. 157
- 鈴木誠一・堀裕. 1991. センニンソウ (*Clematis terniflora* DC.) の開花に及ぼす温度, 日長ならびにジベレリン施与の影響. 園学雑. 60: 643-650.
- 富野耕治. 1957. ハナショウブの花芽分化について. 三重大学 学芸学部 研究紀要. 17: 31-37
- 富野耕治. 1959. ハナショウブの研究. 花芽分化と花止まりの考察. 花菖蒲. 5: 12-16. 日本花菖蒲協会.
- 富野耕治. 1967. 花菖蒲. 泰文館. 東京.
- 富田廣・植松盾次郎. 1981. ハナショウブの開花に関する研究(第1報). 花芽分化について. 埼玉園試研報. 10: 29-34.
- 富田広, 1993, 発育相調節技術 ハナショウブ型, 農業技術大系 1: 339-343
- 筒井澄・西井謙治. 1962. ヒヤシンスの生長経過とこれに伴う成分含量の消長について. 園学雑. 33: 81-89.
- Thunberg, C.P. 1794. Trans. Linn. Soc. II. 328.
- 植松盾次郎・富田広. 1982. ハナショウブの開花に関する研究(第2報). 花芽の分化及び発育に及ぼす日長と温度の影響. 埼玉園試研報. 11: 29-34.
- 植松盾次郎. 1982. 宿根草花きの促成技術に関する諸問題. ハナショウブ シロクジャク ガーベラの促成栽培. 農及園. 57-9: 1181-1184.
- 植松盾次郎・富田広. 1983. ハナショウブの開花に関する研究(第3報). 休眠過程に及ぼす日長, 温度及びジベレリンの影響. 埼玉園試研報. 12: 27-33.
- 植松盾次郎・富田広・浅子誠一. 1984. ハナショウブの開花に関する研究(第4報). 電照による遅延開花防止について. 埼玉園試研報. 13: 51-56.
- 渡辺学. 1965. 河津の花菖蒲. 花菖蒲. 10: 51-52. 日本花菖蒲協会.

山根健治・河鱒実之・崎山亮三. 1991. グラジオラスの花被の生長に伴う水分生理, 炭水化物含量および酸性インベルターゼ活性の変化. 園学雑. 60(2) : 421-428.

Summary

The experiment was carried out to acquire the fundamental knowledge of the ecological and nutritional characteristics of Japanese iris for the stable production. In order to grasp the growth pattern of each organ the seasonal change of the growth in each organ was investigated, and to understand the seasonal change of internal nutrients, contents of carbohydrate and the nitrogen were investigated. Furthermore, the seasonal change of the activity of gibberellin (GA3)-like substance was measured, and its relation with the flowering was evaluated. It has been known that the high temperature and a long day can promote the flowering of Japanese iris during the winter. In order to develop techniques of the flowering regulation under the conditions of the open field without the utilization of equipments or the plant growth-regulating substance, the effects of long-day treatment after flower bud differentiation on dormancy and flowering of the Japanese iris were investigated.

1. Seasonal changes in dry weights in various organs of Japanese iris.

Seasonal changes in dry weight in the various organs of Japanese iris cultivar 'Chihayajo' were investigated. Leaf growth measured as dry weight peaked in early October, thereafter it decreased to near zero in November. Rhizome dry weight reached its maximum in mid November when the leaf dry weight began to decrease. The spring leaf growth started in March, whereas the increase in root dry weight was not detected until early May.

2. Seasonal changes in carbohydrates during the growth of Japanese iris.

Seasonal changes in carbohydrate content in the various organs of Japanese iris cultivar 'Chihayajo' were investigated. Total sugar and starch content in a plant which distributed mainly in the leaves and roots increased up to early October. Total sugar and starch in the roots decreased rapidly during the sprouting period. A rapid increase in total sugar and starch content was observed in the scape due to its growth, while no major changes were detected in other organs. Seasonal change of the soluble sugar content in each organ existed in the dormant period as a storage form of the soluble sugar with main sucrose in the root, and being used for extension of leafing of a vase in the form of reducing sugar, such as glucose and fructose, was suggested after the sprouting time.

3. Seasonal changes in nitrogen content during the growth of Japanese iris.

Seasonal changes in nitrogen content in the various organs of Japanese iris cultivar 'Chihayajo' were investigated. Total nitrogen content in each organ increased from August to early October, thereafter it continued to increase in the rhizome until November with leaf senescence. The nitrogen content in the rhizome decreased with the onset of spring growth of leaf and scape. From these results it appears that in Japanese iris the carbohydrate reserves in the roots and the nitrogen compounds stored in the rhizome and roots are utilized for growth resumption. About 1/4 of absorbed nitrogen was lost with aging and withering to death of leaf by dormant period, and it became clear not to be directly used for growth of the next year.

4. Seasonal changes in endogenous gibberellin A₃ during the growth of Japanese iris.

Seasonal change of endogenous gibberellin-like substance content was measured in shoot apex and root apex. The gibberellin-like substance content in the both organs increased on November and showed a peak on December and January, then decreased on February. It was indicated that the increase of gibberellin-like substance was related with the breaking dormancy on mid-December.

The gibberellin-like substance content increased in the shoot apex when flower stem sprouting and flowering were occurred. Thus, flower stem sprouting and flower-bud development of Japanese iris may be controlled by the gibberellin-like substance.

5. Effects of exogenous gibberellin A₃ and gibberellin synthesis Inhibitors on the flowering time of Japanese iris in open fields.

The effects of exogenous gibberellin A₃ and gibberellin synthesis inhibitors on the flowering time of the Japanese iris were investigated in open fields. Foliar applications of GA₃ to the medium flowering cultivar 'Chihayajo' at a concentration of 250 ppm in mid-April forced the flowering of the first floret 4 days early. Uniconazole-P at a concentration of 25ppm in early May delayed the flowering of the second floret by 7days.

Cultivar differences in the effects of GA₃ and uniconazole-P on the flowering time were observed. A very early flowering cultivar 'Yatugatake' showed no difference in the average flowering day treatment while the medium flowering cultivar 'Chihayajo' showed the largest difference. These

results suggest that sensitivity to GA₃ differed in cultivar.

Treatment with chlormequat-chloride was less effective in inhibiting scape elongation, while paclobutrazol and uniconazole-P were remarkably effective. However, the effect on flowering time did not always correspond with the inhibition of scape elongation. With 2000ppm chlormequat-chloride treatment, the average flowering day of the second floret was delayed by 4 days compared with the control, similar to 500ppm paclobutrazol treatment.

6. Effect of the long day treatment after flower bud formation on the flowering and plant form of Japanese iris in open fields.

The influences of long-day treatment on growth and flowering of Japanese iris were studied in open field. The Japanese iris which was treated with long-day treatment did not show any senescence during winter when they were placed in open field. This result indicated that the long-day treatment during autumn inhibit the development of winter dormancy of Japanese iris. It also suggested that the senescence of Japanese iris shown on early winter is initiated by short day condition without winter chilling.

The average of flowering day of 1st flower on 'Hatusimo' was forced for 15 days by 20 hr lighting that started on mid- September. In the case of 'Chihayajo', the average of flowering was forced for 25 day by 20 hr lighting started on early October. However, the long day treatment started on mid- September reduced the percentage of flowering of 'Chihayajo'. The long day treatment also inhibited the senescence of leaves after the flowering period on 'Chihayajo'. These results suggested that the time of flower bud

initiation on 'Chihayajo' was later than that on 'Hatusimo'.

本論文の基礎となった学会誌公表論文リスト

第Ⅱ章，第Ⅲ章(第1節)，第Ⅳ章(第1節)

今村耕平・田辺賢二・田村文男・四宮彰子

ハナショウブの生育に伴う体内炭水化物並びに窒素の季節変化

生物環境調節．39巻，4号 267-272

第Ⅵ章

今村耕平・田辺賢二・田村文男

露地条件下におけるハナショウブの開花に及ぼすジベレリンおよび

ジベレリン生合成阻害剤の影響

園芸学研究．1巻，2号 123-128

END