

中国で採集したナガイモの種子の発芽と実生苗の雌雄性

金澤俊成^{1*}・照井啓介¹・及川竜太¹・洞口拓朗¹・菊地 甲¹・佐藤清高¹・

荒木 肇²・岡上伸雄³・丁 志遵⁴

¹ 岩手大学教育学部 020-8550 盛岡市上田3丁目

² 新潟大学農学部附属農場 950-2181 新潟市五十嵐2の町

³ 千葉大学園芸学部 271-8510 松戸市松戸

⁴ 中国科学院植物研究所 210014 中華人民共和国江蘇省南京市

Seed Germination and Subsequent Development of Male and Female Chinese Yam (*Dioscorea opposita* Thunb.) Collected in China

Toshinari Kanazawa^{1*}, Keisuke Terui¹, Ryuta Oikawa¹, Takuro Horaguchi¹, Koh Kikuchi¹, Kiyotaka Sato¹,
Hajime Araki², Nobuo Okagami³ and Zhi-Zun Ding⁴

¹ Faculty of Education, Iwate University, Morioka, 020-8550

² University Farm, Niigata University, Niigata, 950-2181

³ Faculty of Horticulture, Chiba University, Matsudo, 271-8510

⁴ Institute of Botany, Jiangsu Province and Chinese Academy of Science, 210014 Nanjing, China

Summary

Seed germination and the subsequent development of male and female Chinese yam (*Dioscorea opposita* Thunb.) collected in China were investigated. The accessions may serve as a source of germplasm for future breeding.

The optimum temperature for seed germination was 11 °C in the dark. Leaves proliferated rapidly 40 days after planting and the shoots elongated until 60 days after planting in 1-, 2- and 3-yr-old seedlings. New shoots emerged from the old tuber which shriveled as it supplied the new developing tuber with nutrients. The male seedlings produced more leaves than did female ones during their second and third years of growth. Fifteen out of nineteen 2-yr-old seedlings initiated inflorescences; seven bore male flowers, while eight differentiated female flowers. The female flowers developed seeds which matured as the three-lobed capsules turned brown. The number of globular or ellipsoidal bulbils which form in the leaf axils increased annually. Their fresh weight did not differ between male and female seedlings. The length, fresh weight, and diameter of the tubers increased annually during the three seasons; the tubers on the male seedlings were consistently larger than those from the female ones.

Key Words: *Dioscorea opposita*, male and female, seed germination, seedling, tuber growth.

緒 言

ナガイモ (*Dioscorea opposita* Thunb.) はヤマノイモ科 (*Dioscoreaceae*) ヤマノイモ属 (*Dioscorea*) の植物で、垣根体と呼ばれる塊茎を発達する蔓性で多年生の草本植物である。ナガイモの原産地は中国と考えられており、日本では食用として栽培されている。ヤマノイモ属のナガ

イモは、長形種のながいも群、扁形種のいちょういも群、塊形種のつくねいも群に分けられ、ながいも群ではナガイモ、いちょういも群ではイチョウイモ、つくねいも群ではツクネイモが栽培されている (佐藤, 1989)。

ヤマノイモ属の植物の多くは雌雄異株であり (Ayensu, 1972), 日本で栽培されているナガイモの大部分は雄株で、雌株の個体数は極端に少ない。ナガイモと同じように食用として利用されるヤマノイモ (*D. japonica* Thunb.) においては自生地における生活環が報告されているが、ナガイモでは種子が得られることは極めてまれであるため、

2000年9月4日 受付。2001年6月1日 受理。

本報告の一部は園芸学会平成12年度春季大会において発表した。

*Corresponding author.

雌雄性を初めとして種子の発芽から成株に至るまでの生長過程や植物学的な一般的性状を調べた研究は少ない(水野, 1953; 八坂ら, 1981; Arakiら, 1983; 堀, 1984; 荒木ら, 1987).

ナガイモの収量性や品質を改良するには、雌株の獲得とともに種子や実生苗についての基礎的知見を得ることが必要である。そこで、本研究では中国で採集したナガイモの種子を供試して、発芽と雌雄性および実生苗の生育特性を明らかにしようとした

材料および方法

実験材料

1995年10月27日に中国湖北省の武当山の標高約900~1,000 m, 直径約5 kmの範囲に自生していた植物体5株からさく果ごと採集したナガイモの種子を供試した。さく果から種子を取り出した後に、実験に用いるまでシリカゲルの入ったデシケータ中に封入して室温で保存した。なお、採集した種子がナガイモであることは、葉が三角状卵形で先端が尖鋭、基部が広心形であること、塊茎は直下して先端が肥厚した形状であることおよび中国国内における分布状態から判断した(斐・丁, 1985)。

実験 1. 種子の発芽

1995年11月26日に、直径90 mmのシャーレに水で湿らせた脱脂綿を入れ、1シャーレ当たり20~30粒の種子を置床した。その後、8, 11, 14, 17, 20, 23, 26, 29, 32, 35℃に設定したインキュベータ内(暗黒)で発芽させた。発芽実験は3反復行った。種子の発芽は幼根が種皮から突き出たことで判断し、種子の発芽率は播種後16週間まで調査した。

実験 2. 実生苗の生育

材料には実験1で得られた実生苗を供試した。1996年6月3日に第1葉が展開した実生苗19株を岩手大学教育学部技術教育農場で、株間30 cm, 深さ10 cmに定植した(以下1年生苗と略す)。1996年12月(定植後180日以降)に掘り上げ、新塊茎の新鮮重、長さ、太さ、形状および分岐数を調査した。なお、塊茎は基部、中間部、先端部に三等分し、各々の中央部の横断面の直径を塊茎の太さとして表した。また、葉数、花序の発達、むかごの形成については、定植後10日ごとに調査した。新塊茎の長さについては、定植後90日までは10日ごとに、定植後90日以降は30日ごとに3~5株ずつ掘り上げて調査した。定植後は各株ごとに長さ100 cmの支柱を設置し、蔓の伸長とともに垂直に誘引した。肥料としては、定植前に堆肥を $1\text{t} \cdot 10\text{a}^{-1}$ 施用した。

1997年6月6日(2年生苗)および1998年5月28日(3年生苗)には、各々前年に掘り上げた塊茎を分割せずに株間50 cm, 深さ10 cmに定植し、12月に掘り上げた。なお、1998年(3年生苗)には分岐した塊茎を分岐点で分けて定植し、各株ごとに長さ200 cmの支柱を設置して蔓を

伸長させるとともに垂直に誘引した。1997年と1998年に施用した肥料は、1996年(1年生苗)と同様であった。

葉数、花序の発達、むかごの形成については、定植後10日ごとに調査した。新塊茎については、12月に掘り上げ、新鮮重、長さ、太さ、形状および分岐数を調査した。なお、塊茎は、1996年(1年生苗)と同様に、基部、中間部、先端部に三等分し、各々の中央部の横断面の直径を塊茎の太さとして表した。

結 果

実験 1. 種子の発芽

種子は8~23℃で発芽したが、26~35℃では発芽しなかった(第1図)。播種後16週間の発芽率は11℃で最も高く(89.7%)、次いで14℃(61.4%)、8℃(34.0%)の順であった。11~23℃においては、温度が高いほど発芽率は低かった。

実験 2. 実生苗の生育

1) 葉数の変化

1年生苗(1996年)では、本葉の展開に伴って腋芽に腋芽の形成された株が認められた。形成された腋芽の数は1年生苗では1株当たり2~4個で、腋芽の発達に伴って側枝となって伸長した。2年生苗(1997年)および3年生苗(1998年)でも腋芽が側枝として伸長し、側枝数の多い株では1株当たり4~7本伸長した。

葉数は蔓の伸長に伴って増加した。1年生苗においては、定植後30日に 14.9 ± 2.1 枚であったが、定植後40日に 21.1 ± 3.4 枚、定植後60日に 74.4 ± 11.7 枚になり、急激に増加した。2年生苗には花序が発達して、雄株(7株)と雌株(8株)が認められた。

2年生苗の雄株においては、定植後30日に 79.4 ± 34.1 枚、定植後40日に 157.7 ± 42.7 枚、定植後60日に 237.9 ± 43.9 枚になり、急激に増加した(第2図)。しかし、定植後60日以降には、1年生苗と同様に葉数の増加は認められなかった。雌株の葉数は、雄株と同様に急激に増加し

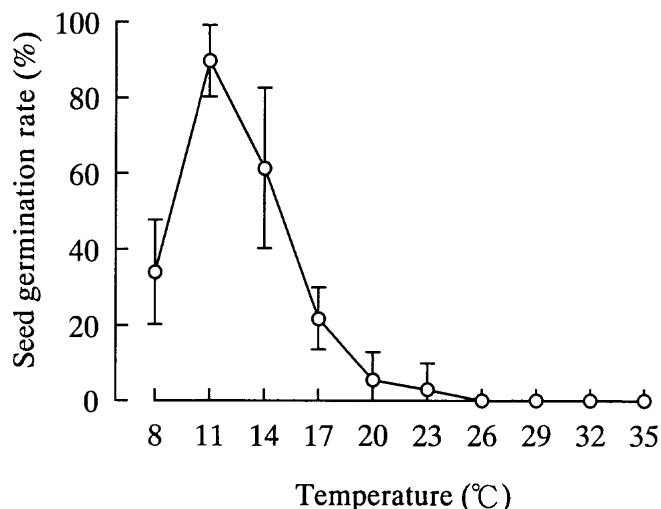


Fig. 1. Germination rate $\pm$ SE (%) of Chinese yam seeds incubated at different temperatures for 16 weeks in the dark.

たが、全発育期間において雄株より少なかった。

3年生苗の雄株において葉数は、定植後30日には 61.6 ± 23.0 枚であったが、定植後40日に 382.7 ± 92.6 枚、定植後60日後に $1,028.9 \pm 203.8$ 枚になり、急激に増加した。定植後60日以降は、1年生苗および2年生苗と同様に葉数の増加は認められなかった。雌株においても、葉数は急激に増加したが、3年生苗の雄株と比較して著しく少なかった。

2) 花序の発達と種子の形成

花序は1年生苗には形成されなかった。2年生苗では供試した19株中の15株に花序が形成され、雄株が7株、雌株が8株に分離した。雄株では穂状の雄花序が上向きに伸長したが(第3図A)、雌株では穂状の雌花序が上向きに形成された後に、花序の発達に伴って下垂した(第3図B)。また、雌株では開花後に緑色の子房が発達し、開花終了後から徐々に肥大して、成熟期には茶色のさく果となって裂開した(第3図C)。さく果は3室に分かれ、各室に1~2個の種子が形成されていた(第3図D)。2年生苗で花序が形成されなかった4株の中の2株に、翌年(3年生苗)、花序が形成され、雄株と雌株に1株ずつ分離した。2年生苗と3年生苗から採集した種子の発芽率を調査したところ、実験1と同様に11℃が最も高かった(データ省略)。

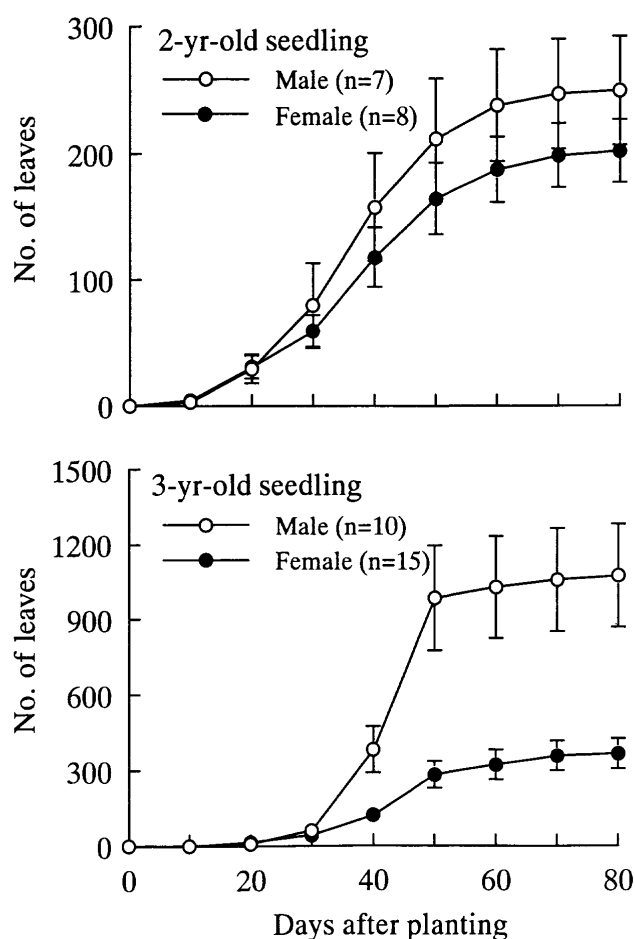


Fig. 2. Number of leaves $\pm$ SE on 2- and 3-yr-old Chinese yam seedlings.

3) むかごの形成

むかごは葉腋に形成され、外部形態は球形あるいは楕円体であった。1年生苗では19株中の2株でむかごが形成された。2年生苗では雄株7株のすべてにむかごが形成された。1株当たりのむかごの形成数は8~124個であったが、100個以下の株が多かった(第4図)。雌株においては8株中の5株でむかごが形成されたが、1株当たりのむかごの形成数は2~91個と少なかった。3年生苗においては、雄株10株のすべてにむかごが形成され、1株当たりのむかごの形成数は17~930個であった。雌株においても、15株のすべてにむかごが形成された。1株当たりのむかごの形成数は16~330個であったが、100個以下の株が多く、1株当たりのむかごの形成数は雄株と比較して少なかった。

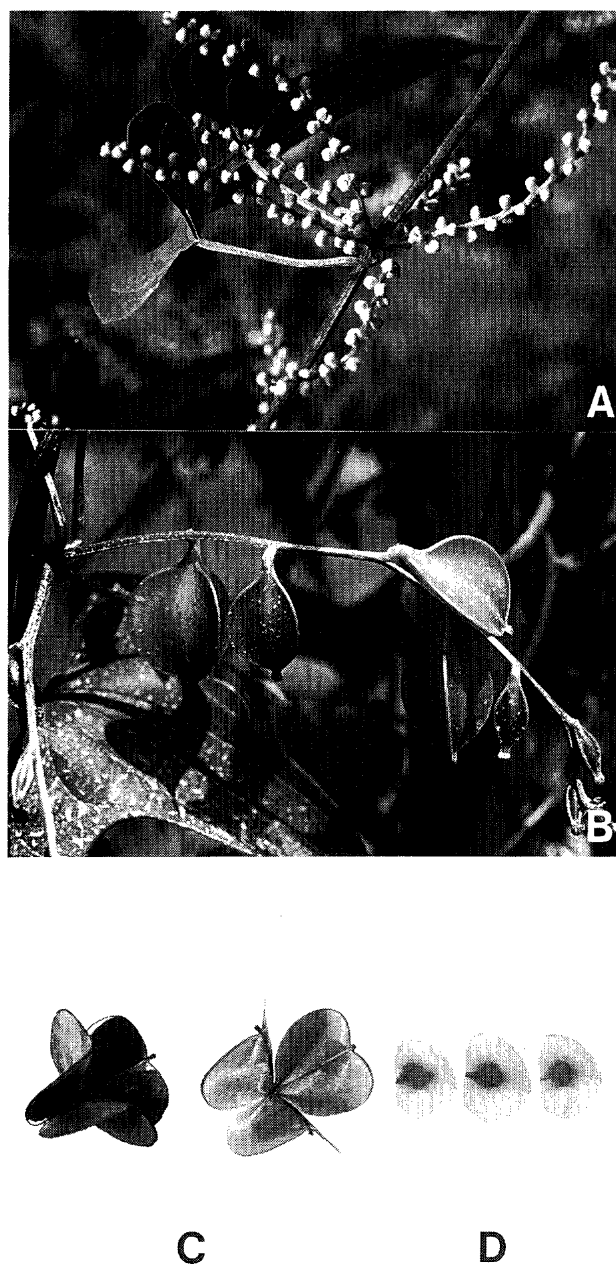


Fig. 3. Inflorescences, capsules and seeds of Chinese yam.

A: male inflorescence, B: female inflorescence with several capsules, C: dehiscent capsules, D: seeds

むかご 1個当たりの新鮮重は、2年生苗の雄株においては 4~109 mgであったが、100 mg以下のむかごが多かった(第5図)。雌株においては 5~220 mgで、100~200 mgのむかごが多かった。3年生苗の雄株においては 210~410 mg、雌株においては 140~550 mgであった。以上のように、むかご 1個当たりの新鮮重は、雌雄の株の間に大きな差が認められなかった。

4) 塊茎の形成

1年生苗では、供試した 19 株のすべてに塊茎の形成が認められた(データ省略)。種子の発芽後に第1葉が観察されてから、第2葉が出葉するまでには1ヶ月を要したが、塊茎の肥大は第2葉の展開前に観察された。形成された塊茎は白色あるいは淡黄色であった。塊茎の伸長は定植後 60 日以降に顕著に認められ、定植後 90 日に 12.4 ± 3.8 cm、定植後 120 日に 27.5 ± 9.2 cm、定植後 180 日には 53.1 ± 8.1 cm になり、急激に伸長した。2年生苗の雄株においては 50.5~112.0 cmと、1年生苗と比較して大きく、80~100 cmの株が多かった(第6図)。雌株においては 37.0~96.0 cmと、雄株と比較してやや小さかった。3年生苗の雄株においては 50.0~120.0 cmと、2年生苗の雄株とほぼ同様の長さであった。雌株においては 20.0~122.0 cmと、雄株と比較して個体間差が大きかった。

新塊茎の新鮮重は、1年生苗のいずれの株も 100 g以下

であった(データ省略)。2年生苗の雄株においては 49.0~780.0 gであったが、200~400 gの株が多かった(第7図)。雌株においては 47.0~367.0 gであったが、100~200 gの株が多かった。3年生苗の雄株においては 80.0~1,320.0 gであったが、500 g以上の株は2年生苗の雄株と比較して多かった。雌株においては 35.0~440.0 gと、雄株と比較して小さく、いずれの株も 500 g以下であった。

塊茎の横断面の直径は、1年生苗では基部が 0.5 ± 0.03 cm、中央部が 0.8 ± 0.06 cm、先端部が 1.1 ± 0.08 cmと大きな差は認められず、細長い棒状であった(第1表)。2年生苗の雄株においては基部は 0.5 ± 0.07 cmであったが、中央部は 2.0 ± 0.40 cmと1年生苗と比較して大きくなり、先端部についても同様に 2.8 ± 0.75 cmと大きかった。雌株においては基部、中央部、先端部の順に、 0.5 ± 0.07 cm、 1.7 ± 0.20 cm、 2.1 ± 0.12 cmと、中央部と先端部は雄株と比較してやや細かった。3年生苗の雄株においては基部は 1.2 ± 0.10 cm、中央部は 3.2 ± 0.30 cm、先端部は 3.7 ± 0.49 cmであった。雌株においては、基部、中央部、先端部の順に、 1.0 ± 0.04 cm、 2.2 ± 0.18 cm、 2.3 ± 0.24 cmで、中央部と先端部は2年生苗と比較して雄株との差が大きかった。2年生苗および3年生苗においては、特に基部が細く、中央部から先端部に向って太くなる細長い棍棒状であった。

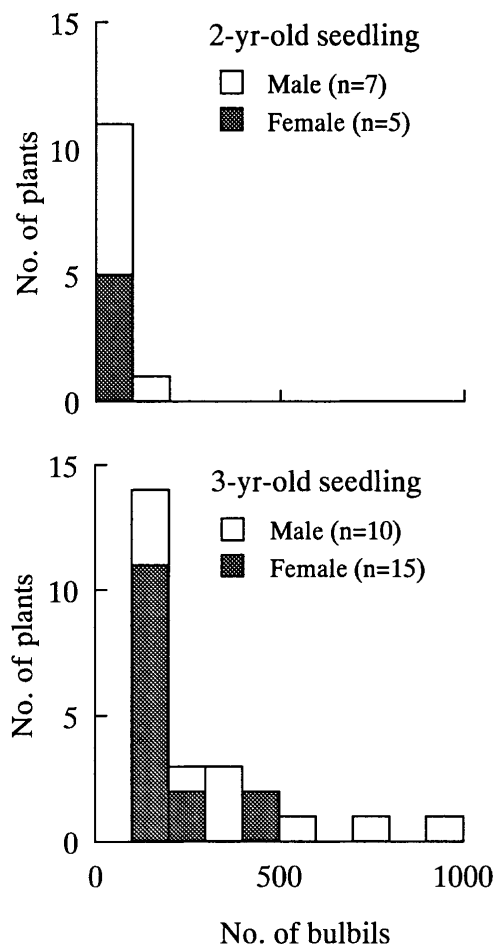


Fig. 4. Frequency distribution of bulbils on 2- and 3-yr-old male and female Chinese yam seedlings.

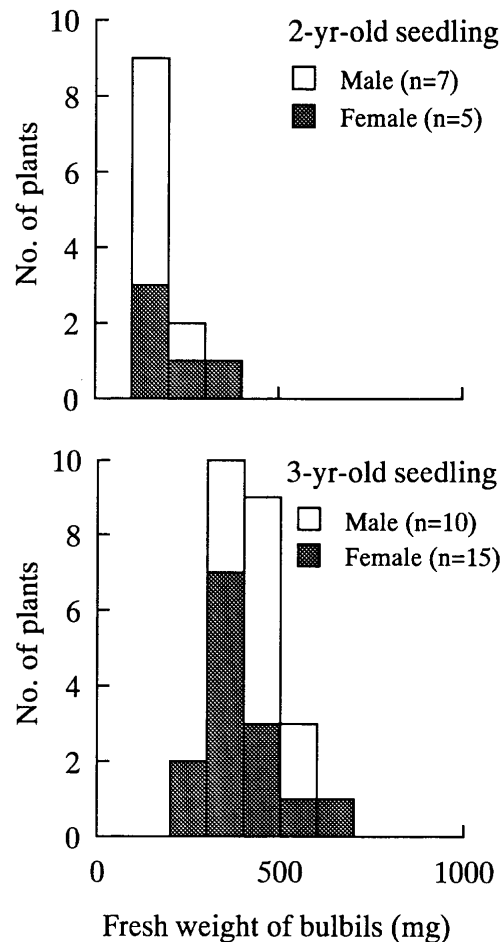


Fig. 5. Frequency distribution of fresh weight of bulbils on 2- and 3-yr-old male and female Chinese yam seedlings.

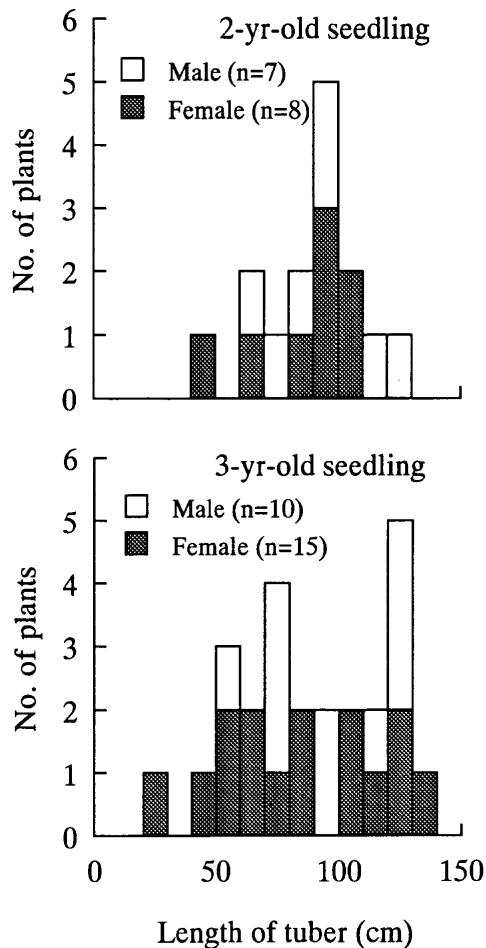


Fig. 6. Frequency distribution of tuber length on 2- and 3-yr-old male and female Chinese yam seedlings.

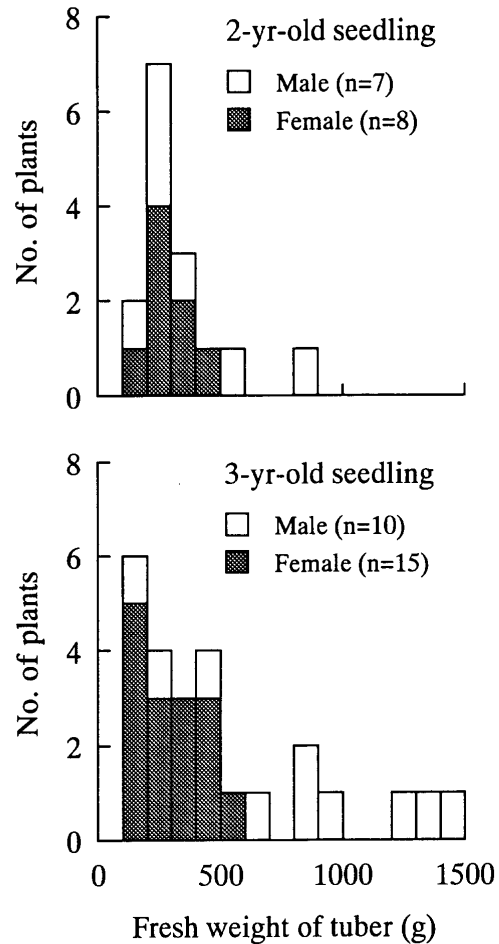


Fig. 7. Frequency distribution of fresh weight of tubers on 2- and 3-yr-old male and female Chinese yam seedlings.

Table 1. Annual increases in diameters of tubers from male and female Chinese yam seedlings^z.

Seedling age	Diameter (mm)					
	Basal part		Middle part		Apical part	
	Male	Female	Male	Female	Male	Female
1-yr-old	0.5 ± 0.03		0.8 ± 0.06		1.1 ± 0.08	
2-yr-old	0.5 ± 0.07	0.5 ± 0.04	2.0 ± 0.40	1.7 ± 0.20	2.8 ± 0.75	2.1 ± 0.12
3-yr-old	1.2 ± 0.10	1.0 ± 0.04	3.2 ± 0.30	2.2 ± 0.18	3.7 ± 0.49	2.3 ± 0.24

^zDiameter ± SE represents the mean of the basal, middle, and apical parts of a tuber.

塊茎の分岐数は1~3年生苗で1~5本であったが、大部分の塊茎では1~2本であり、2年生苗および3年生苗には、まれに先端部のみが2~6本に分岐した塊茎が観察された。

考 察

ヤマノイモ属の植物の中で亜熱帯北部から冷温帯に分布している種 (*D. quinqueloba* Thunb., *D. tokoro* Makino)の種子は、採集時に休眠状態にあることから、高い発芽率を得るためには2~5℃の低温による休眠打破が必要となる (Okagami, 1986)。しかし、本実験で用いた

ナガイモでは低温処理による休眠覚醒の効果が認められず (照井ら, 1999), 11℃で発芽率が最も高かった。ヤマノイモ属の植物の発芽適温は種により異なるが、冷温帯に分布している種の *D. japonica* Thunb. では14~17℃, *D. tokoro* Makino では14~23℃と、14℃以上の種が多い (Okagami・Kawai, 1982; Terui・Okagami, 1993)。このように、本実験で用いたナガイモの種子は発芽適温が低いことや、低温処理をしなくても高い発芽率が得られること、発芽開始までの期間が短いという点で、他のヤマノイモ属の植物と比較して明瞭に異なることが示唆された。

日本で栽培されているヤマノイモ属の植物では雌雄性に偏りがみられ、ながいも群では雄株が多く、いちょうも群やつくねいも群では雌株が多い(佐藤, 1989). 西アフリカの熱帯森林地帯原産の *D. rotundata* Poir. は、ながいも群と同じように雄株の多い種であるが、数種の栽培品種を用いて実生苗の雌雄性を調査した結果、雌株の種子の形成率は極めて低いことが報告されている(Sadik・Okereke, 1975). また、日本で栽培されているナガイモでは、雌株に着生したさく果が肥大しても種子が形成されないことが多い(荒木ら, 1987). まれに形成された種子は胚培養を行うことにより完熟した胚に生長させることが可能であるが、発芽は困難であることが知られている(八鍬ら, 1981; 荒木ら, 1987; 佐藤, 1989). しかし、本実験で中国で採集したナガイモの2年生苗および3年生苗の雌株に花序が形成され、発芽能力のある種子が得られたことは、ナガイモで交雑品種を獲得できる可能性があることを示唆している。

むかごはながいも群に最も多く着生する傾向がみられ、次いでいちょうも群で多く、つくねいも群ではほとんど着生がみられない(佐藤, 1989). また、むかごの形成は光や温度に影響されることや、ナガイモのむかごの形成には蔓の垂下が関連していることが報告されている(沢田・八鍬, 1955; 沢田ら, 1958; Okagami, 1979). 本実験では、むかごの形成数に個体間差が認められたが、特に雌株にむかごの形成数が多い株では、繁殖に利用できるものと考えられた。

ヤマノイモ属のナガイモでは、塊茎の形から長形種(ながいも群)、扁形種(いちょういも群)、塊形種(つくねいも群)に分けられるが、それぞれの群の中には変形した塊茎が観察されるなど、変異のみられることがある。また、ナガイモ(*D. opposita* Thunb.)とヤマノイモ(*D. japonica* Thunb.)の交雑種では、塊茎の長さがナガイモと同程度で肥大性に優れていることが報告されている(Arakiら, 1983). 本実験により、1年生苗と2年生苗の新塊茎では肥大と比較して伸長が著しく、3年生苗以降に肥大が顕著になることが明らかとなった。また、3年生苗では雌株が雌株と比較して塊茎が顕著に大きかったことは、日本で栽培されているナガイモに雄株が多い原因の一つになっていると考えられた。

以上の結果から、中国で採集したナガイモの種子を発芽させて実生苗を栽培することにより、成株に育成することが可能であった。また、2年生苗で雌雄性が現れ、3年生苗で生育の旺盛な雌株系統を選抜できれば、これまでナガイモでは困難とされていた交雑品種を育成することが可能になるものと考えられた。

摘 要

ナガイモ(*Dioscorea opposita* Thunb.)の雌株の獲得および育種素材としての利用を目的として、中国で採集し

たナガイモの種子の生育特性を調査した。その結果、種子の発芽率は11℃が最も高かった。葉数は、1年生苗から3年生苗のいずれにおいても、定植後40日から60日に急激に増加し、定植後60日以降には増加は認められなかった。2年生苗では供試した19株中の15株に花序が発達して、雄株が7株、雌株が8株に分離した。2年生苗の雌株の葉数は全発育期間において雄株より少なかったが、3年生苗の雄株と雌株の葉数の差は2年生苗と比較して著しく大きかった。雌株では開花後に緑色の子房が発達し、成熟期には茶色のさく果となって裂開した。さく果は3室に分かれ、各室に1~2個の種子が形成されていた。むかごは葉腋に形成され、外部形態は球形あるいは楕円体であった。1年生苗にむかごはほとんど形成されなかったが、2年生苗の雄株の1株当たりのむかごの形成数は8~124個、雌株では2~91個、3年生苗の雄株では17~930個、雌株では16~330個であった。むかご1個当たりの新鮮重については、2年生苗および3年生苗ともに雌雄の株の間で大きな差が認められなかった。新塊茎の長さ、新鮮重および太さは、発芽後の年数とともに大きくなり、3年生苗の雄株では新塊茎の新鮮重および太さが、雌株と比較して顕著に大きかった。

引用文献

- Araki, H., T. Harada and T. Yakuwa. 1983. Some characteristics of interspecific hybrids between *Dioscorea japonica* Thunb. and *Dioscorea opposita* Thunb. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 52: 153-158.
- 荒木 肇・原田 隆・八鍬利郎. 1987. ヤマノイモ属(*Dioscorea*)の性状に関する基礎的研究. 第5報. ナガイモのさく果, 種子および胚の生長過程と胚培養の可能性. 北大農邦文紀要. 15: 133-139.
- Ayensu, E. S. 1972. Dioscoreales. p.1-182. In: C. R. Metcalfe (ed.). Anatomy of the monocotyledons, vol. 6. Oxford Univ. Press, London.
- 堀 良通. 1984. ヤマノイモの生活史と個体群統計学. p.157-172. 河野昭一編著. 植物の生活史と進化2. 培風館. 東京.
- 斐 鑑・丁 志遵. 1985. 中国植物誌. 第16巻第1分冊. p.54-120. 科学出版社. 北京.
- 水野 進. 1953. 薯蕷(*Dioscorea batatas* Decne)に於ける花器の構造について. 日作紀. 22: 127-128.
- Okagami, N. 1979. Dormancy in bulbils of several herbaceous plants: Effects of photoperiod, light, temperature, oxygen and gibberellic acid. Bot. Mag. Tokyo 92: 39-58.
- Okagami, N. 1986. Dormancy in *Dioscorea*: Different temperature adaptation of seeds, bulbils and subterranean organs in relation to North-South distribution. Bot. Mag. Tokyo 99: 15-27.
- Okagami, N. and M. Kawai. 1982. Dormancy in *Dioscorea*:

- Differences of temperature response in seed germination among six Japanese species. Bot. Mag. Tokyo 95: 155-166.
- Sadik, S. and O. U. Okereke. 1975. Flowering, pollen grain germination, fruiting, seed germination and seedling development of white yam, *Dioscorea rotundata* Poir. Ann. Bot. 39: 597-604.
- 佐藤一郎. 1989. 野菜園芸大百科 13. ナガイモ. p.323-338. 農文協. 東京.
- 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. 24:85-93.
- 沢田英吉・八鍬利郎・今河 茂. 1958. 長芋のムカゴ形成に関する研究. 第2報. 器官培養によるムカゴの形成について. 園学雑. 24: 241-244.
- 照井啓介・飯島美穂・丁 志遵・金澤俊成・岡上伸雄・平塚 明・荒木 肇. 1999. 中国のナガイモ・日本のナガイモ, ヤマノイモとの比較. 日本植物学会第63回大会研究発表記録: 197.
- Terui, K. and N. Okagami. 1993. Temperature effects on seed germination of East Asian and tertiary relict species of *Dioscorea* (Dioscoreaceae). Amer. J. Bot. 80: 493-499.
- 八鍬利郎・原田 隆・笠井 登・荒木 肇・奥山 功. 1981. ヤマノイモ属 (*Dioscorea*) の性状に関する基礎的研究. 第1報. 'ながいも' 雌株に着生した花, 果実及び種子の構造と発芽過程. 北大農邦文紀要. 12: 271-280.