

(原著論文)

春ウド「都」と寒ウド「湖北系 2」の F₁ 系統の作出と休眠性評価

大槻優華^{1*}・鈴木克彰²・鶴沢玲子³・宮下千枝子¹・沼尻勝人¹

¹ 東京都農林総合研究センター

² 現 東京都島しょ農林水産総合センター八丈事業所

³ 現 東京都農林振興事務所 南多摩農業改良普及センター

摘 要

春ウド系品種は軟化茎の形態や品質に優れるが、根株の休眠性が強い。10～12月の伏せ込みでは、ジベレリンを用いた促成軟化栽培を行っても十分な休眠打破が難しく、収量・品質が低下するため、促成軟化栽培に適した品種の育成が求められていた。そこで、軟化茎の形態や品質は劣るものの休眠性の弱い寒ウドを育種素材に用いた交配育種を試み、F₁ 系統の作出と休眠性評価を行った。

まず、花の形態の継時的調査および交配試験を行った結果から、ウドの花は雄性先熟の性質を有すること、雌性期の開花7日目が交配適期であることがわかった。

次に、春ウド「都」と寒ウド「湖北系 2」を交配して得た F₁ 21 系統および両親品種について、根株養成期および11月伏せ込みの促成軟化栽培における形態や品質に関する諸特性を詳細に調査した。その結果、休眠性、ジベレリン反応性、軟化茎の形態や品質など多くの形質において、F₁ が多様な集団となることが判明した。F₁ は概ね両親の中間的な弱休眠性を有し、ジベレリン反応性については両親より優れる傾向であった。また、F₁ の中には軟化茎の収量や形態・品質の優れる系統があった。

以上のことから、ウドの交配を適切な時期に行うことで、効率的な実生の作出が可能であることが明らかになった。また、「都」と「湖北系 2」の F₁ は、促成軟化栽培に適する弱休眠性品種を育成するための育種素材や、ウドの休眠性機構を解明するための研究素材として有用と考えられた。

キーワード：ウド、育種、休眠性、ジベレリン、雌雄異熟

東京都農林総合研究センター研究報告 12: 59-71, 2017

緒 言

ウコギ科の1年草であるウド (*Aralia cordata*) は、東京都の伝統的な特産野菜であり (仲宇佐ら, 1997)、現在では北多摩地域を中心に年間約 300t が生産されている (農林水産省生産局園芸作物課, 2014)。主に地下のウド

室で軟化栽培される東京のウドは、白さとみずみずしさが特長の高品質な軟化ウドとして、ブランド野菜の地位を確立している。しかし、近年、食の多様化・洋風化による消費量の減少や、他県産の出荷量増加などに伴い、市場価格は低迷している。また、生産者の高齢化などにより、生産量はピーク時の10分の1以下と大きく減少している (仲宇佐ら, 1997)。このような厳しい状況の中、

産地の存続と発展のために、生産者の利益や生産意欲の向上につながる新技術や新品種の開発が求められている。

ウドの一般的な収穫時期(普通軟化栽培)は3~5月であるが、促成栽培や抑制栽培技術の確立により作期が拡大し、都内では年末から夏季まで出荷され、10~12月中旬は端境期となる。端境期の市場単価は平均507円と他の時期の1.2倍であり(東京都中央卸売市場事業部事業課, 2016)、この時期に出荷できれば高単価での有利販売が見込める。また、この時期に安定生産できるようになれば周年出荷が可能となり、需要拡大を図る体制も整う。

ウドの品種は、休眠性の強い春ウドと休眠性の弱い寒ウドに大別される(川村, 2001)。概して春ウドの方が味や形状が優れることから、都内の主要品種「都」をはじめ、軟化栽培用品種のほとんどは春ウドである。春ウド系品種は晩秋以降に休眠し、露地の低温遭遇で覚醒する2月頃までは休眠しているため、根株を伏せ込んでも軟化茎は伸長しない。そこで、根株を低温やジベレリン(GA)で処理して休眠打破を行い(今津・大沢, 1958)、12月下旬~2月の生産を行っている。しかし、10~12月中旬の時期はウドの休眠が深いため、GA処理を行っても、軟化茎が十分に伸長しなかったり、軟化茎に腐敗や褐変などの傷みが生じるなど、収量・品質の低下が起りやすい。したがって、単価の高いこの時期の安定的な高品質生産を可能にするためには、休眠性が弱く、既存品種に用いられるものと同程度か、あるいはより低濃度のGA溶液で軟化茎がよく伸長する性質をもつ新品種を育成・利用することが有効と考えられる。寒ウド系品種は休眠性が弱いが、軟化茎の品質が劣ることから、現在の軟化栽培では一般に利用されていない。しかし、寒ウド系品種を育種素材に用いて、その弱休眠性を春ウド系品種に導入することができれば、促成栽培に適した高品質の弱休眠性品種を育成できる可能性がある。

ウドの育種については報告事例が少なく、交配育種に関する知見はほとんど無い。東京都では1982年に「都」、「多摩」が、1999年に「都香」(川村ら, 1999)が、いずれも東京都農業試験場(現 東京都農林総合研究センター)が収集した系統群からの選抜によって育成された。栃木県では交配育種により「栃木芳香1号」、「栃木芳香2号」が育成されたが(半田ら, 2012)、交配方法についての詳細な記述はない。交配育種を効率的に進めるためには、まずウドの開花特性を明らかにして最適な交配時期を把握することが重要である。ウドと同じウコギ科のタラノキやヤツデは雌雄異熟(雄性先熟)であるという報告があるが(田中, 1996; 岡崎ら, 1999)、筆者らが予備試験においてウドの花を観察したところ、同様に雌雄異熟の開花特性をもつことが推測された。

そこで本研究では、ウドの開花特性や適切な交配時期を明らかにするため、ウドの花の詳細な形態観察を行うとともに、交配時期の違いが稔性に及ぼす影響を調査した。また、寒ウドの育種素材としての利用可能性を評価するため、春ウドと寒ウドのF₁を作出し、その休眠性やGA反応性および軟化茎の形態や品質などの特性を調査した。

材料および方法

1. 供試品種

春ウド系品種の「都」、寒ウド系品種の「湖北系2」を供試した。「都」は東京都の主要品種であり、軟化茎の形態や品質が総じて優れるが、株の休眠性は深い。一般的な収量は、3月伏せ込みの普通栽培で1株あたり900g前後と、他の既存品種よりも比較的収量が多く、軟化茎の上物率も9割程度と安定して高い(井田, 2009)。「湖北系2」は、2008年に滋賀県の生産者から入手した複数の系統のうちの1系統であり、休眠性がほとんどないが、軟化茎は細く、表面のアントシアニン着色が多く、食味が劣るなど、全体に形態や品質が劣る。収量は、自然状態でほぼ休眠打破が完了している11月伏せ込みの普通栽培で、1株あたり200g前後と、「都」と比較して著しく少ない(鈴木, 未発表)。

2. 開花特性の調査および交配時期の検討(試験1)

ウドの開花特性の調査は、東京都農林総合研究センター(立川市)のウド圃場に植栽した「都」を供試して行った。調査は2010年の開花期に行い、花の形態を継続的に観察した。

交配試験には「都」および「湖北系2」を供試した。交配は、2009および2010年の10月下旬~11月上旬に、最低気温20℃に設定したガラス温室内で栽培した6号ポット苗を用いて行った。交配組合せは2品種間の正逆交配および各品種の自殖交配の計4組合せ(表1)とし、交配時期(処理区)として開花0日目、7日目の2区を設けた。ウドの花は散形花序であり、1花房には30~50の小花がある。最初の小花が開花してから花房全体の8割以上の小花が開花する開花盛期までには、平均して1~3日の日数が必要であるが、今回の交配試験では、数個の小花が開花した段階の花房を用い、すでに開花した小花を切除したうえで、残りの小花の開花日(開花0日目)を翌日に設定した。花房内の小花はすべて除雄し、交配するまで花房にパラフィン紙の袋をかけて他の花粉の混入を防いだ。開花0日または7日目に、当日別の花房から採取した新鮮な花粉を柱頭に受粉させ、1~2週間

袋がけを行った。交配数は1区あたり小花100個とした。完熟した果実を採取し、結実率を調査した。また、果実から種子を採取し、1果実あたり種子数および交配1小花あたり種子数を算出した。

3. F₁ 系統の休眠性・GA 反応性および形態・品質特性の評価 (試験2)

「都」と「湖北系2」のF₁ および両親品種を供試し、2014年に根株養成と促成軟化栽培を行い、休眠性・GA反応性および軟化茎の形態や品質特性の調査を行った。F₁については、試験1の正逆交配で得られた実生個体の中から地上部の生育などに優れる21個体を選び、1個体を1系統として、21系統を供試した。内訳は、「都×湖北系2」がMK10-41など12系統、「湖北系2×都」がKM11-201など9系統である(表2)。F₁系統は、2011年から2013年にかけて根株養成を行い、増殖した根株を用いた。両親品種は、東京都農林総合研究センター(立川市)で維持している株を用いた。

本試験における根株養成は慣行栽培で行った。前年度養成した親株を芽ごとに切り分けて種株(株分け苗)とし、2014年5月上旬に圃場に定植した。植栽間隔は畝幅110cm、株間60cmとした。施肥量は、基肥を10aあたりN:P:K=10kg:20kg:10kg、追肥を10aあたりN:K=8kg:8kgとした。11月上旬に地上部の特性として、草丈、茎径、茎葉重(新鮮重)、茎数、倒伏性の5項目を調査した。茎数および倒伏性については観察により3段階(少・中・多または低・中・高)で評価した。これらの調査後、ただちに根株を掘り上げ、根株重(新鮮重)、0.5cm以上の大きさの着生芽の数を調査した。いずれの調査項目も1品種・系統あたり1~3株を測定して、系統ごとの平均値と全供試個体の平均値をそれぞれ算出した。また、実数で計測した調査項目のすべての組合せに対してピアソンの相関係数の検定(危険率5%)を行い、項目間の相関の有無を調査した(表3)。検定には、ソフトウェアとしてMicrosoft社のExcel、アドインソフトウェアとしてオーエムエス出版のStatcel4を用いた。

促成軟化栽培は、11月伏せ込みの作型で行った。試験には、根株養成で十分な根株数が確保できたF₁ 18系統および両親品種を供試した。処理区として、11月時点での休眠の程度を評価するための無処理区と、GA反応性を評価するためのGA処理区の2つを設け、1区1~3株を用いた。伏せ込み前には、殺菌のため、すべての根株に常温のリドミル銅水和剤(注:現在は製造中止)800倍希釈液への1秒間の浸漬処理を行った。その後、株を風乾させ、GA処理区の根株には常温のGA 50ppm溶液への1秒間の浸漬処理を行った。2014年11月7日、当

センター内の半地下式軟化室に伏せ込みを行った。室内の環境条件は室温20℃、湿度90%以上とし、灌水は芽土(植え床)の表面が乾いた時点で行った。伏せ込みから25日後の12月2日に軟化茎を収穫し、両処理区の調査を行った。調査項目は、0.5cm以上の全着生芽のうち萌芽した着生芽の割合(萌芽率)、0.5cm以上の全着生芽のうち軟化茎が伸長した着生芽の割合(伸長率)、伸長した全ての軟化茎の平均茎長の3項目とした(表4)。萌芽については、着生芽の鱗片に弛みが生じたものを萌芽とした。軟化茎の伸長については、草丈が5cm以上伸びたものを伸長した着生芽とした。また、軟化茎の形態や品質を評価するため、各品種・系統ごとに、収穫した軟化茎のうち茎長の長い順に最大5本を選んで調査した。草丈、茎長、茎径、軟化物重を測定し、系統ごとの平均値と全供試個体の平均値をそれぞれ算出した。また、軟化茎の地色、アントシアニンの着色程度(以下、着色程度)、毛じの粗密、褐変の発生程度、の4項目について各々4~5段階で評価した(表5)。

結果

1. 開花特性の調査および交配時期の検討

(1) ウドの開花特性

「都」は8月下旬に抽苔を開始し、9月上旬から開花し始めた。開花盛期の小花の各器官を継時的に観察した(図版1)。雄ずいは、開花初日(0日目)には花糸を外側に大きく張り出し、1~2日目には開葯した。開花3~4日目には健全な状態を維持していたが、5~6日目には徐々に褐変して萎れ、7日目にはほぼすべてが脱落した。一方で雌ずいは、開花0日目の時点では未発達で、花柱組織が高さ0.5mm程度の突起状に見えるのみであった。その後、花柱は徐々に伸長・肥大し、先端が5本に分岐して放射状に外側へ張り出した。開花6~8日目には、花柱の長さが最大に達し、花柱の基部から蜜が大量に分泌された。開花9~10日目を過ぎると、花柱の先端部が徐々に褐変して萎れ始め、その後2日程度でほぼすべての花柱の先端部が萎れた。

(2) 交配時期

交配時期の違いが結実率および種子数に及ぼす影響を調査した。開花0日目の交配では、自殖交配、正逆交配のいずれにおいても全く結実せず、種子は得られなかった(表1)。一方、開花7日目の交配ではすべての組合せで結実し、種子が得られた。結実率は、20~88%であった。1果実あたり種子数は4.5~5.2と、いずれの組合せも5個前後であった。交配1小花あたり種子数をみると、

自殖交配は「都」では1.0個、「湖北系2」では2.6個であり、正逆交配は、種子親が「都」では2.7個、「湖北系2」では4.6であった。このように、2品種ともに自殖交配より正逆交配(品種間交配)の方が、得られる種子数が多い傾向であった。

種子の発芽能力を確認するため、得られた交配種子を寒天培地に無菌播種したところ、いずれの交配組合せにおいても多くの種子が発芽した(発芽率のデータなし)。これらの実生を育苗したところ、多くの個体が健全な生育を示した。

表1 交配時期が結実率および種子数に及ぼす影響

	交配組合せ		交配時期	結実率 (%)	種子数 /果	種子数 /小花
	♀	♂				
自殖交配	都	都	0日目	0	-	-
			7日目	20	4.9	1.0
	湖北系2	湖北系2	0日目	0	-	-
			7日目	58	4.5	2.6
正逆交配	都	湖北系2	0日目	0	-	-
			7日目	54	5.0	2.7
	湖北系2	都	0日目	0	-	-
			7日目	88	5.2	4.6

2. F₁ 系統の休眠性・GA 反応性および形態・品質特性の評価

(1) 根株養成期の形態特性

両親品種の根株養成期の形態特性を比較すると、草丈は「都」の138cmに対して「湖北系2」は126cmと、「都」が12cm(10%)高かった(表2)。茎径は「都」の3.1cmに対して「湖北系2」は2.3cmと、「都」が0.8cm(35%)太かった。根株重は「都」の921gに対して「湖北系2」は733gと、「都」が188g(26%)重かった。2品種の茎葉重は2300g強、着生芽数は8個で、同程度であった。また、「湖北系2」は「都」に比べて茎数が3と多く、倒伏性が3と高かった(表2)。

F₁ 21 系統では、草丈が112~192cm、茎径が2.0~4.1cm、茎葉重が1067~4350g、根株重が638~1870g、着生芽数

が6~17個と、いずれの項目も系統間差が大きかった。これらの項目についてF₁ 全体の平均値をみると、草丈、茎葉重、根株重、着生芽数は両親品種を上回り、茎径は両親の中間的な値であった。F₁ 系統の茎数の評価は2.6とやや多く、これは「湖北系2」に近い値であった。倒伏性の評価は2.0と中程度で、両親の中間的な値であった。「都×湖北系2」と「湖北系2×都」の正逆交配間で各項目の平均値を比較すると、「湖北系2×都」の系統の方が茎葉重は13%、根株重は11%重かった。

調査した5項目(草丈、茎径、茎葉重、根株重、着生芽数)間の全組合せで、ピアソンの相関係数の検定を行ったところ、茎葉重と根株重の間でのみ有意な正の相関関係が認められた($p < 0.05$, $r = 0.70$) (表3)。

表2 F₁系統の根株養成期における形態特性

品種・系統		草丈 (cm)	茎径 (cm)	茎葉重 (g)	茎数 ^a	倒伏性 ^a	根株重 (g)	着生 芽数	
F ₁ 系統	都×湖北系2	MK10-41	138	3.0	2433	2	3	658	6
		MK10-44	184	4.1	3000	2	2	1088	12
		MK10-81	175	2.9	1483	3	1	828	11
		MK10-94	192	3.1	3483	3	2	1315	12
		MK10-101	159	3.9	3675	3	2	1870	10
		MK10-102	149	2.4	1767	3	2	907	8
		MK10-105	112	3.5	1417	3	2	932	7
		MK10-112	124	2.6	2000	2	2	902	9
		MK10-117	164	2.3	2000	3	3	650	11
		MK10-119	175	2.6	3600	3	2	980	17
		MK10-120	127	2.9	2400	2	2	1255	14
		MK10-122	151	2.5	1100	3	2	1140	8
		平均 ^b	145	3.0	2293	2.7	2.1	1054	10
	湖北系2×都		KM11-201	136	3.6	1933	2	2	1073
		KM11-215	150	2.6	4350	3	2	1605	9
		KM11-216	138	2.7	3467	2	3	1222	13
		KM11-220	158	2.8	3467	3	2	1348	6
		KM11-224	172	3.3	2833	3	2	1314	8
		KM11-226	142	2.0	3033	2	2	1140	10
		KM11-228	126	2.2	1067	2	2	638	6
		KM11-229	130	3.3	3767	3	2	1307	10
		KM11-230	138	2.5	1733	3	2	998	7
		平均 ^b	144	2.6	2904	2.6	2.1	1141	9
F ₁ 系統平均 ^b		145	2.8	2563	2.6	2.0	1093	9	
両親品種	湖北系2	126	2.3	2333	3	3	733	8	
	都	138	3.1	2317	1	1	921	8	

a) 各系統における全供試個体を観察し、「茎数」は少=1, 中=2, 多=3の3段階, 「倒伏性」は低=1, 中=2, 高=3の3段階で評価。b) 全供試株の平均値。系統ごとに供試株数が異なるため, 系統平均の平均値とは値が異なる。

表3 F₁系統の根株養成期における地上部特性の項目別の相関係数^a

	草丈 (cm)	茎径 (cm)	茎葉重 (g)	根株重 (g)	着生芽数
草丈(cm)	-	-	-	-	-
茎径(cm)	0.22	-	-	-	-
茎葉重(g)	0.35	0.23	-	-	-
根株重(g)	0.25	0.40	0.70	-	-
着生芽数	0.41	0.03	0.40	0.48	-

a) ピアソンの相関係数の検定(危険率5%)によって算出した, 2項目間の相関係数。

(2) 休眠性およびGA反応性

F₁ 18系統の休眠性およびGA反応性の程度を評価するために、11月伏せ込みの促成軟化栽培を行い、萌芽率や軟化茎の伸長程度を調査した。まず無処理区の両親品種をみると、「都」は17%の着生芽が萌芽したものの、茎はまったく伸長しなかった(表4)。一方、「湖北系2」は着生芽の41%が萌芽して、伸長率は38%と高率であり、軟化茎の平均茎長は39cmであった。無処理区のF₁系統では、萌芽率が0~71%、伸長率が0~47%と系統間差が大きかった。茎伸長に至ったのは18系統中の7系統のみであり、これらの平均茎長は5~14cmで、いずれも「湖北系2」の半分以下と著しく短かった。正逆交配間で各項目の平均値を比較すると、「都×湖北系2」の系統の方が萌芽率、伸長率ともに高い傾向であった。

次に、GA処理区について両親品種をみると、「都」では萌芽率が49%、伸長率が46%と大きく向上したものの、平均茎長は21cmと短かった(表4)。「湖北系2」では、いずれの項目においても無処理区とほぼ同程度であり、GAの効果は全くみられなかった。F₁では、多くの系統

が萌芽率、伸長率、平均茎長のいずれも大きく向上した。F₁系統全体の平均をみると、萌芽率が58%、伸長率が53%、平均茎長が40cmと、すべての項目で両親品種を上回った。正逆交配間で各項目の平均値を比較すると、「湖北系2×都」の系統の方が、平均茎長がやや長い傾向であった。

11月伏せ込みにおけるGA処理効果の程度を、F₁集団および両親品種で比較するため、萌芽率と平均茎長の各々について無処理区を横軸に、GA処理区を縦軸にした散布図を作成した(図2)。萌芽に対するGA処理の効果を見ると、F₁系統は、GA処理で大きく向上する「都」タイプと、GA処理効果が少ないかほとんどない「湖北系2」タイプに分かれた。一方、平均茎長については、全てのF₁系統が、GA処理で向上する「都」タイプであり、効果の程度は系統間差が大きいものの、概ね「都」よりも高かった。F₁の正逆交配間で図中の分布を比較したところ、「湖北系2×都」の系統の方が萌芽率では「都」タイプが多く、平均茎長ではGA処理効果がより高い傾向であった。

表4 F₁系統の促成軟化栽培における萌芽率および茎伸長の評価

系統	無処理				GA処理				
	供試株数	萌芽率(%)	伸長率(%)	平均茎長(cm)	供試株数	萌芽率(%)	伸長率(%)	平均茎長(cm)	
都×湖北系2	MK10-41	2	38	23	5	2	25	25	11
	MK10-44	2	67	14	5	2	65	65	36
	MK10-81	2	5	0	0	2	60	55	42
	MK10-94	2	71	47	14	2	52	52	32
	MK10-101	2	12	0	0	1	64	64	50
	MK10-102	3	0	0	0	3	68	68	45
	MK10-105	3	20	15	6	3	61	48	29
	MK10-112	2	63	0	0	2	50	41	36
	MK10-120	2	41	0	0	2	60	53	28
	平均 ^a	-	25	9	8	-	58	53	36
湖北系2×都	KM11-201	2	8	8	11	1	57	57	63
	KM11-215	1	71	43	10	1	64	64	48
	KM11-216	3	9	0	0	3	45	41	41
	KM11-220	2	0	0	0	2	76	71	39
	KM11-224	3	11	0	0	2	49	40	29
	KM11-226	2	33	6	8	2	53	47	64
	KM11-228	2	15	0	0	3	80	80	37
	KM11-229	2	0	0	0	1	69	69	40
	KM11-230	2	0	0	0	2	75	67	70
	平均 ^a	-	13	4	10	-	57	53	45
F ₁ 系統平均 ^a	-	19	7	9	-	58	53	40	
両親品種	湖北系2	3	41	38	39	3	38	31	35
	都	3	17	0	0	3	49	46	21

a) 全供試株の平均値。系統ごとに供試株数が異なるため、系統平均の平均値とは値が異なる。

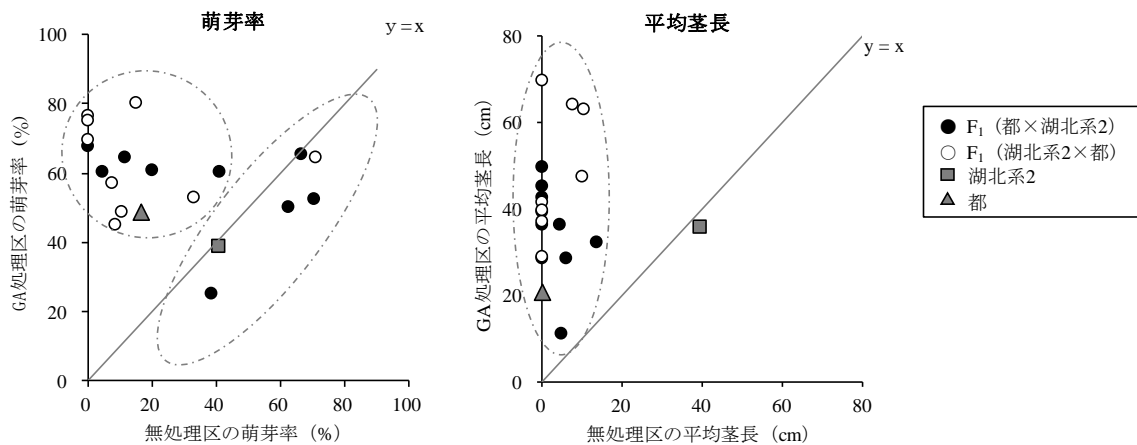


図2 促成軟化栽培におけるGA処理が萌芽と茎伸長に及ぼす影響

(3) 軟化茎の形態および品質特性

F₁ 18 系統の軟化茎特性を評価するため、11 月伏せ込みの GA 処理区において軟化茎の形態および品質を調査した。まず両親品種間で軟化茎のサイズを比較すると、「都」の茎長は 26cm で「湖北系 2」より 20cm 以上短かったが、茎径は 2.4cm で「湖北系 2」より 2 倍太く、軟化物重は 91g で「湖北系 2」より 1.8 倍重かった (表 5)。F₁ 系統では、茎長が 11~86cm、茎径が 1.4~2.2cm、軟化物重が 13~199g と、系統間差が大きかった。F₁ 系統全体の平均値をみると、茎長、軟化物重ともに両親品種を上回っていたが、茎径は両親品種の中間的な値であった。正逆交配間で各項目の平均値を比較すると、「湖北系 2 × 都」の系統の方が茎長、軟化物重ともに優れる傾向であった。

次に、軟化茎の地色、着色程度、毛じの粗密、主茎・

茎葉部を含む軟化茎全体の褐変の発生程度について両親品種間で比較すると、「都」は、地色が黄白、着色が 1 (少)、毛じが 2 (中) と、軟化茎品質としてはいずれも良好な性質を示したのに対し、褐変については 4 (極多) と不良であった (表 5)。一方、「湖北系 2」は、地色が淡赤、着色が 3 (多) と全体に不良であったが、毛じは 1 (粗)、褐変は 1 (少) と良好であった。F₁ 系統においてこれらの項目をみると、地色については 15 系統が白~黄と良好であり、不良な赤色を呈したのは 3 系統のみであった。着色程度では、「都」と同様の 1 (小) タイプが 14 系統あった。毛じでは、「都」と同程度かそれ以上の中~密 (2~3) の系統が多かった。褐変の程度では、「湖北系 2」と同等の 1 (小) または 0 (極小) のタイプが 9 系統あった。正逆交配間で比較すると、「都×湖北系 2」の方が、褐変が少ない傾向であった。

表5 F₁系統の促成軟化栽培における軟化茎の形態および品質特性

品種・系統		調査 本数	草丈 ^a (cm)	茎長 ^b (cm)	茎径 (cm)	軟化物重 (g)/本	地色 ^c	着色 ^d	毛じ ^e	褐変 ^f
都×湖北系2	MK10-41	2	12	11	1.4	13	黄白	1	—	0
	MK10-44	5	61	52	1.6	101	白~黄白	1	2	1
	MK10-81	5	58	54	1.7	118	白~赤	1	2	1
	MK10-94	5	50	44	1.7	79	黄白	1	1	0
	MK10-101	5	63	56	1.8	143	黄	2	2	2
	MK10-102	5	68	67	1.5	122	白	1	1	1
	MK10-105	5	49	46	1.6	88	黄白	1	2	1
	MK10-112	5	63	59	1.6	132	淡赤~赤	2	3	3
	MK10-120	5	57	48	2.2	156	白~黄白	2	3	2
	F ₁ 系統	平均 ^g		58	52	1.7	113		1.3	2.0
湖北系2×都	KM11-201	4	69	63	1.4	119	黄白	1	2	2
	KM11-215	5	64	58	2.2	194	黄白	1	3	3
	KM11-216	5	79	74	1.4	107	淡赤	3	1	2
	KM11-220	5	56	54	1.9	135	白~黄白	1	2	1
	KM11-224	5	49	46	1.9	130	白~黄白	1	3	2
	KM11-226	5	89	86	1.8	199	黄白	1	1	3
	KM11-228	5	57	54	1.4	76	白~黄白	1	2	4
	KM11-229	5	47	46	1.8	104	黄白	1	3	1
	KM11-230	5	77	72	1.7	158	黄白	1	2	1
	F ₁ 系統	平均 ^g		65	61	1.8	138		1.2	2.1
F ₁ 系統平均 ^g			61	56	1.7	125		1.3	2.1	1.7
両親品種	湖北系2	5	49	47	1.2	52	淡赤	3	1	1
	都	5	28	26	2.4	91	黄白	1	2	4

a) 軟化茎の基部から腕(葉柄)の先端まで含めた全長。b) 基部から茎頂までの長さ。c) 軟化茎表面の全体的な色合いを、白・黄白・黄・淡赤・赤と評価。d) 軟化茎表面に部分的に見られるアントシアニンの着色程度を、無=0, 少=1, 中=2, 多=3の4段階で評価。e) 軟化茎表面の毛じの粗密を、無=0, 疎=1, 中=2, 密=3の4段階で評価。f) 軟化茎の褐変(腐敗を含む)の程度を、極少=0, 少=1, 中=2, 多=3, 極多=4の5段階で評価。g) 全軟化茎の平均値。系統ごとに供試本数が異なるため、系統平均の平均値とは値が異なる。-は、軟化茎が極端に短かったため未調査。

考 察

1. ウドの開花特性と交配時期

ウドの開花特性と適切な交配時期を明らかにするために、花の形態調査および交配試験を行った。ウドの小花の形態観察から、開花1~4日目が雄ずいの成熟した雄性期であり、6~8日が雌性期と判断された。また、交配試験では、開花0日目の交配で全く結実しなかったのに対し、開花7日目の交配では概ね高率で結実し、交配1小花あたり1~5個と、多くの種子を得ることができた。また、これらの種子はいずれも十分な発芽能力を有すると判断された。この交配結果は、小花の観察をもとに雌性期を6~8日とした判断と一致する。これらのことから、ウドは近縁種のタラノキ(田中, 1996)などと同様に雄性先熟の性質をもつ他殖性植物であることが明らかとなった。なお、「都」と「湖北系2」では、ともに自殖交配より品種間の交配の方が、得られる種子数が多い傾向であった。この要因として、他殖性植物であるウドが、

自家受粉を避けるもう一つの機構として、一定の自家不和合性を有することが考えられる。

2. F₁系統の休眠性・GA反応性および形態・品質特性の評価

寒ウドの育種素材としての利用可能性を明らかにすることをねらいとして、春ウド系品種「都」と寒ウド系品種「湖北系2」のF₁を作出し、その形態や品質に関する特性を評価した。(表5)

まず、根株養成期における地上部および地下部の特性を調査した。両親品種を比較すると、「都」は1本の太く長い主茎をもつのに対し、「湖北系2」は細い茎が複数発生し、草姿が大きく異なっていた。「湖北系2」の倒伏しやすい性質はこの草型が一因であると推測された。本試験では茎葉重と根株重の間に有意な正の相関が認められたが、両親品種の茎葉重は同程度であったにも関わらず、根株重は「都」の方が「湖北系2」より26%重かった。この要因として、主茎が細く分枝の多い「湖北系2」は倒伏しやすいことから、根株養成期の途中で地上部が倒

伏し、光合成量が低下するため地下部へ転流する養分が減少すると推測された。このことから、太い主茎1本が軸となっていて倒伏しにくい「都」の草型の方が根株重の成長に適しているものと考えられる。ウドと同じく根株を養成して若い茎を収穫するアスパラガスでは、茎葉が大きいほど根株重が重く(田村ら, 2002)、根株の養分が十分にある場合に若茎は指数的に伸長する(金・崎山, 1989)。ウドにおいても、根株重は軟化栽培の生産量に直接的に影響すると考えられることから、根株重の大きい系統を選抜することは重要である。根株養成期における茎葉重や草型は、根株の収量性の高い系統の選抜に有効な指標となる可能性がある。なお、F₁系統では、根株養成期のほとんどの調査項目において系統間差が大きかった。ウドは他殖性植物であることから、既存品種はヘテロ性が高く、作出したF₁は遺伝的に多様な集団となっていることが推測される。また、F₁系統は総じて植物体のサイズ(草丈、茎葉重、根株重)が両親品種よりも大きい傾向であり、これは雑種強勢(J. F. Crow, 1998; F. Hochholdinger, 2007; 藤本ら, 2013)が一因にあると考えられた。

次に、F₁および両親品種の休眠性やGA反応性を評価するため、11月伏せ込みの促成軟化栽培を行った。「都」は、無処理では若干萌芽がみられたもののまったく伸長せず、GA処理によって萌芽率、伸長率ともに大きく向上したが、茎長は著しく短かったことから、11月の時点では深く休眠していると判断された。「湖北系2」は、無処理でも伸長率が高く、茎長が40cm程度と比較的長かったことと、GA処理によって伸長率や茎長が向上しなかったことから、11月の時点でほとんど休眠していないと判断された。これらの結果は、10~12月に「都」は休眠し、「湖北系2」はほとんど休眠しないとする鶴沢ら(2012)の報告と一致する。F₁系統については、無処理区ではいずれの系統も伸長率、茎長ともに「湖北系2」より著しく低かった。一方、GA反応性をみると、萌芽については促進効果のみられた集団とみられなかった集団に分かれた。茎伸長では、全ての系統で促進効果がみられ、その程度は系統間差が大きいものの、概ね「都」より高かった。これらのことから、F₁は総じて両親の中間的な休眠性を持つこと、GA反応性の系統間差が大きいことが判明した。また、F₁系統の休眠性やGA反応性の程度は多様であったことから、ウドのこれらの形質は複数の遺伝子によって支配される量的形質であると考えられた。

加えて、F₁および両親品種の軟化茎の形態や品質を評価するため、GA処理区で収穫した軟化茎の特性を調査した。東京都の出荷規格(長茎)では、茎長は70cm以

上必要である。11月伏せ込みの本試験では、「都」はGA処理により伸長したものの、茎長は26cmと著しく短く、収量性は低かった。一方、「湖北系2」は、ほとんど休眠しておらず、茎長は47cmと比較的長かったものの、茎が細いために軟化物重は「都」より軽かった。この他に「湖北系2」は、地色が淡赤色でアントシアニン着色が多いなど、品質に多くの問題があった。F₁系統の軟化茎をみると、草丈、茎長、茎径、軟化物重、地色、着色、毛じ、褐変のいずれの項目においても系統間差が大きく、多様であった。KM11-226など、一部の系統は茎が太く伸長に優れ、軟化物重が両親品種より顕著に重く、収量性が高かった。さらに、MK10-41など地色や着色などの点で「都」と同程度に品質の優れる系統もあった。MK10-102やKM11-230などの系統は、軟化茎の形態や品質が総合的に優れており、弱休眠性品種の育種素材として有望と考えられた。

「湖北系2」の軟化茎は品質上の問題点が多くあったが、褐変の発生が「都」に比べて顕著に少ないことは注目すべき点である。軟化茎の褐変の発生については、温度、湿度などの環境要因と、GA処理濃度が影響することが報告されている(沼尻・小寺, 2005)。「湖北系2」はGA反応性が「都」と大きく異なっており、このことが褐変の発生程度と関係している可能性が高い。F₁系統の中には、MK10-41やMK10-94など、「湖北系2」と同様に褐変の発生程度の少ないものがあった。軟化茎の高品質生産のためには、褐変の生じにくい品種を育成することが望ましい。F₁の中から「湖北系2」の褐変しにくい形質を受け継いだ系統を選抜することは重要と考えられる。

「都」と「湖北系2」のF₁の特性について、正逆交配の及ぼす影響をみると、「都×湖北系2」の系統の方が軟化茎の褐変の発生が少ない傾向であり、逆交配の「湖北系2×都」の系統の方が、根株重が重く、GA反応性が高い傾向であった。このように、重要ないくつかの形質において正逆交配間で差がみられたことは、細胞質の遺伝子の影響を示唆する。ただし、本試験では正逆交配由来の供試数が各10系統前後と小規模であったのに対し、F₁集団内での各形質のばらつきが顕著に大きかったため、個々の系統間差の影響の方が大きかった可能性がある。交配の方向性の影響については、さらに供試数を増やして精度の高い評価試験を行う必要がある。

3. 寒ウドの育種素材としての有用性

本研究では、ウドの花が雄性先熟の性質を有すること、開花7日目の雌性期に授粉することで、自殖交配と品種間交配のどちらにおいても発芽種子が得られることを明

らかにした。適切な交配時期がわかったことで、今後はウドの交配育種において実生の作出を効率的に進めることができる。

また、本研究では、春ウド系品種「都」と寒ウド系品種「湖北系2」のF₁の形質を詳細に調査し、休眠性、GA反応性、軟化茎の形態や品質など多くの形質において、F₁が多様な集団であることを明らかにした。F₁は概ね両親の中間的な弱休眠性を有し、GA反応性については両親より優れる傾向であった。また、F₁の中には総合的に軟化茎の形態や品質が優れる系統があった。これらのことから、「都」と「湖北系2」のF₁は、促成軟化栽培に適する弱休眠性品種を育成するための育種素材として有望である。また、F₁系統は、ウドの休眠性機構を解明するための研究素材としても有用と考えられる。

引用文献

- 井田昭典(2009) 農業技術体系 野菜編第11巻 特産野菜・地方野菜(農文協編). 農山漁村文化協会, 東京. p.27-29.
- 今津 正・大沢考也(1958) ウドに関する研究—第1報—. 園学雑 27:28-30.
- 鶴沢玲子・沼尻勝人・松尾 哲・今西俊介・菊池 郁・本田一郎(2012) ウドの芽の休眠時期と内生ABA濃度の品種間差. 園学研 11: 157.
- 岡崎恵視・橋本健一・瀬戸口浩彰(1999) 花の観察学入門—葉から花への進化を探る—. 培風館, 東京. p.110-113.
- 川村眞次(2001) 新編野菜園芸ハンドブック(西 貞夫監). 株式会社養賢堂, 東京. p.922-929.
- 川村眞次・野呂孝史・高尾保之・森 研史・野地喜徳(1999) ウド新品種‘都香’の育成. 東京都農業試験場技術成果レポート: 9-10.
- 金 永植・崎山亮三(1989) アスパラガス若茎の伸長成長に及ぼす貯蔵根の量および温度の影響. 園芸学会雑誌 58: 377-382.
- 田中 肇(1996) 日本における花生態学の歴史的外観(2). 日本花粉学会会誌 42: 117-126.
- 田村 晃・林 浩之・本庄 求(2002) 播種期が促成アスパラガス用の根株養成に及ぼす影響. 東北農業研究 55: 189-190.
- 東京都中央卸売市場事業部業務課, 東京中央卸売市場統計情報. <http://www.shijou-tokei.metro.tokyo.jp/>, (2016年9月20日確認).
- 仲宇佐達也・沢地信康・塚越量子・阿部善三郎・萩原建造(1997) 東京うど物語 東京うど生産組合連合会創立四十五周年記念誌(東京うど物語編集委員会編). 東京うど生産組合連合会, 東京.
- 沼尻勝人・小寺孝治(2005) 軟化ウド‘都香’の生育・品質に及ぼすジベレリン処理, 温度および湿度の影響. 東京都農林総合研究センター研究報告. 33:13-23.
- 農林水産省生産局園芸作物課, 地域特産野菜の生産状況の調査. http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/tokusan_yasai/index.html, (2016年9月20日確認).
- 半田有宏・矢田部健一・吉光寺徳子・吉原 泉・畠山照嗣・大場一則・稲葉幸雄・吉田 剛(2012) ウド新品種「栃木芳香1号」および「栃木芳香2号」の育成. 栃木県農業試験場研究報告:23-40.
- 藤本 滝・白澤沙知子・川辺隆大・岡本俊介(2013) 植物の雑種強勢の分子生物学的な研究と展望. 科学と生物 51:283-285.
- F. Hochholdinger., N. Hoecker(2007) Towards the molecular basis of heterosis. Trends in plant science. 12:427-432.
- J. F. Crow(1998) 90 Years Ago: The Beginning of Hybrid Maize. Genetics. 148:923-928.

Production and dormancy assessment of F₁ hybrids of Haru-udo 'Miyako' and Kan-udo 'Kohokukei-2' (*Aralia cordata*).

Yuka Otsuki^{1,*}, Katsuaki Suzuki², Reiko Uzawa³, Chieko Miyashita¹, Katsuto Numajiri¹

¹Tokyo Metropolitan Agriculture and Forestry Research Center

²Tokyo Metropolitan Islands Area Research and Development Center of Agriculture, Forestry and Fisheries

³Tokyo Metropolitan Agricultural Promotion Office Minamitama Agricultural Improvement and Extension Center

Abstract

Cultivars of the Haru-udo line of *Aralia cordata* Thunb. have good-quality blanched stems but exhibit strong dormancy. From October to December, the cultivars of the Haru-udo line force poorly even with gibberellin, reducing stem quality and yield. In contrast, cultivars of the Kan-udo line have weak dormancy, but lower stem quality. Therefore, breeding through hybridization between two lines could produce cultivars that would be suitable for forcing.

The floral phenology of udo was investigated to identify the appropriate period for crossing the lines. Chronological observations of udo flower morphology and the crossing experiment showed that udo flowers are protandrous and can be successfully cross-pollinated on the day 7 after flowering.

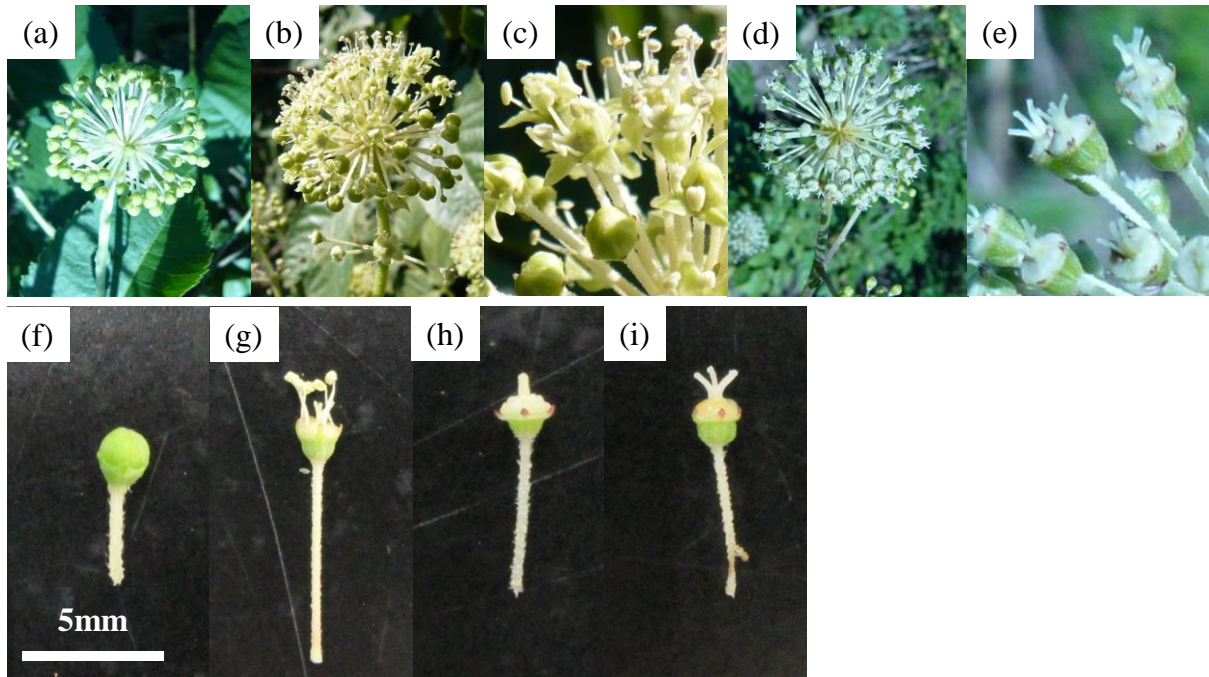
The 'Miyako' cultivar of the Haru-udo line was crossed with the 'Kohokukei-2' cultivar of the Kan-udo line to produce an F₁ population. Several characteristics of 21 F₁ lines and their parents were investigated when rootstocks were forced in November. The F₁ population was diverse in terms of dormancy, sensitivity to gibberellin, and blanched stem quality. F₁ lines showed weak dormancy that was intermediate between that of the parents, and sensitivity to gibberellin was superior to that in the parents. Furthermore, some of the F₁ lines had good yield and high-quality blanched stems.

These results indicate that the F₁ populations from the cross between 'Miyako' and 'Kohokukei-2' are appropriate as breeding material for cultivars with weak dormancy that are suitable for forcing, and they might be suitable for studying dormancy mechanisms in udo.

Keywords: udo, breeding, dormancy, gibberellin, dichogamy

Bulletin of Tokyo Metropolitan Agriculture and Forestry Research Center, 12: 59-71, 2017

Corresponding author: y-otsuki@tdfaff.com



図版1 ウドの花の継時的な形態変化

品種：「都」，(a)~(e)：花房全体および部分的な拡大図。(f)~(i)：小花。(a)：開花前，(b)：開花3～4日目・雄性期，(c)：雄性期の拡大図，(d)：開花6～8日目・雄性期の花房，(e)：雌性期の拡大図。(f)：開花前。(g)：開花3～4日目・雄性期。(h)：雄性期(除雄)。(i)：開花6～8日，雌性期。