

平成23年度厚生労働科学研究費補助金（創薬基盤推進研究事業）
優良形質を持った薬用植物新品種の育成及びそれら種苗の安定供給体制構築のため
の保存、増殖に関する基盤的研究（H22-創薬総合-指定-015）

分担研究報告書

分担研究課題：選抜育種による新品種育成と普及および種苗増殖に関する研究

研究分担者 川原 信夫（独）医薬基盤研究所薬用植物資源研究センター センター長

研究協力者 飯田 修（独）医薬基盤研究所薬用植物資源研究センター 種子島研究部研究リーダー

研究協力者 菱田 敦之（独）医薬基盤研究所薬用植物資源研究センター 北海道研究部研究サブリーダー

研究協力者 林 茂樹（独）医薬基盤研究所薬用植物資源研究センター 北海道研究部研究員

研究協力者 淵野 裕之（独）医薬基盤研究所薬用植物資源研究センター 筑波研究部室長

研究協力者 熊谷 健夫（独）医薬基盤研究所薬用植物資源研究センター 筑波研究部主任研究員

研究協力者 杉村 康司（独）医薬基盤研究所薬用植物資源研究センター 種子島研究部研究員

要旨 薬用植物資源研究センターで育成したハトムギ品種‘北のはと’および‘はとろまん’の普及の促進と拡大を図るため、商業生産および試験栽培の現地調査を行い、普及状況並びに生育状況を調査し、栽培指導を行った。平成23年度北海道内におけるハトムギ‘北のはと’の商業生産量は、作付面積が19.24 ha、規格品の収穫量が20,086 kg、規格品外と合わせた総生産量が22,388 kgであった。本年度は、北海道全域において降雨が続き低温傾向であったため、各地域でハトムギ‘北のはと’は不作であった。特に道北地域の減収は顕著であったが、北海道研究部や士別地区の一部の圃場において高収量の圃場を見出した。この知見を踏まえると、気象災害に関わらず施肥方法等を検討することで増収できる可能性があると思われた。さらに道内3カ所の産地の10a当りの収量を比較すると、生産地が南下するに従い概ね収量が増加する傾向が認められ、生育温度と収量との間に関係があることが示唆された。二海郡八雲町におけるタマナヤガの幼虫によるハトムギの食害は、タマナヤガの成虫が中国大陸からの気流に乗って飛来して産卵し、幼虫が発生したと思われる。今後、タマナヤガが発生したハトムギ栽培圃場は、速やかに農薬を散布して廃耕して他所への食害を防ぐ必要がある。埼玉県秩父市でハトムギ‘はとろまん’の試験栽培を行い、5,077m²の畑から合計848.19 kgの乾燥果実を収穫した(170.0 kg/10 a)。期待した収量が得られなかったが、播種期の遅れや過剰な施肥量がその一因と思われた。休耕田を利用した栽培であったため、雑草が繁茂し、生育の障害となった。播種直後の初期からの除草対策が重要である。

A. 研究目的

薬用植物の国内栽培を推進するためには、栽培技術の改良とともに、各地域の気象条件や環境に適した収量性の高い、日本薬局方の品質基準を満たす品種の育成が必要であるが、現在、それらについて組織的な研究は行われておらず、新品種の育成は急務である。これまでにハトムギ（生薬名：薏苡仁）およ

びシャクヤク（芍薬）の新品種を育成し、普及を推進しており、さらに新たなシャクヤク、ハトムギおよびカンゾウ（甘草）について、新品種の育成を目指し、諸形質を調査し、選抜を行っている。

ハトムギ品種‘北のはと’と‘はとろまん’は薬用植物資源研究センターで育成された品種で、前者は北海道研究部で育成、平成19

年3月に品種登録され、既に商業栽培が開始されており、後者は筑波研究部で育成、平成22年2月に品種登録出願がなされた。

今年度、‘北のはと’は北海道で商業生産の栽培の継続と試験栽培を行い、‘はとろまん’は埼玉県秩父市で試験栽培を行った。両品種の普及の促進と拡大を図るため、普及状況並びに生育状況を調査し、栽培指導を行った。

B. 研究方法

1) ハトムギ品種‘北のはと’の商業栽培、生産普及および栽培試験

北海道内での生産栽培を士別市、二海郡八雲町を中心に滝川市、有珠郡壮瞥町、虻田郡豊浦町で行った。さらに試験栽培を名寄市、虻田郡洞爺湖町で行った。北海道研究部における栽培条件は次の通り。供試材料：ハトムギ‘北のはと’ *Coix lacryma-jobi* L. var. *ma-yuen* (Roman.) Stapf. ‘KITANOHATO’ 育苗：移植栽培用ハトムギ苗は4月25日に培養土(プラグエース)を充填した128穴セルトレイに播種して温室内で育苗した。播種および定植日：5月27日、6月3日に播種および定植した(表1)。施肥量：基肥として化成S121(10-20-10)を10a当り50kg施用した。収穫日：9月27日および10月4日。調査方法：収穫した後、豆選別機を用いて収穫物の子実を規格品と規格品外に選別し、温室内に設置した平形乾燥機で十分に乾燥して収穫量を求めた。

2) ハトムギ品種‘はとろまん’の試験栽培

筑波研究部で育成、保存したハトムギ‘はとろまん’の種子を用い、埼玉県秩父市上吉田の休耕田を利用し、平成23年6月1～15日に播種し、12月3～6日に収穫した。播種量および施肥量を表3に示した。栽培は、試験栽培契約のもと、ユニテック株式会社が担当し、収穫後の種子の再調製を筑波研究部で、脱穀と精白を北海道研究部で行った。脱穀は籾すり機ライスマスター(SATAKE)、精白は精米機クリーンワンパスCBS-300(SATAKE)を用いて行った。

C. 研究結果

1) ハトムギ品種‘北のはと’の商業栽培、生産普及および栽培試験

北海道研究部における試験栽培では、耕作放棄地を想定した荒れ地圃場の10a当り収量は15.7kg/10aと非常に低い収量であった(表1)。連作7年目となる連作圃場の直播栽培は36.5kg/10a、移植栽培は65.8kg/10aであった。新規栽培地は67.3～118.9kg/10aであった。なお、平成23年度の名寄市の気候は、5～7月に雨が続き低湿傾向にあった。

平成23年度商業生産量は、作付面積が19.24ha、規格品の収穫量が20,086kg、規格品外と合わせた総生産量が22,388kgであった(表2)。

士別市における生産量は、規格品の収穫量が3,740kg、同10a当りの収量が83.1kg/10aであった。滝川市における生産量は、規格品の収穫量が2,130kg、同10a当りの収量が152.1kg/10aであった。二海郡八雲町における生産量は、規格品の収穫量が13,399kg、同10a当りの収量が136.3kg/10aであった。

なお二海郡八雲町の作付面積は1,192aであったが、収穫面積は893aに減少している。この原因は、同地域でタマナヤガの幼虫が大発生してハトムギが食害を受けたことによる(図1)。タマナヤガが発生した圃場は、害虫駆除を目的に農薬(殺虫剤)を散布した後、圃場に残った植物体はすき込み廃耕とした。

2) ハトムギ品種‘はとろまん’の試験栽培

5箇所(畑、合計8,871m²)で栽培を行ったが、その内1ヶ所は雑草が繁茂し、途中で栽培を断念した。他の1ヶ所は果実の稔実不良により、収穫を断念した。

3ヶ所、5,077m²の畑から合計848.19kgの乾燥果実を収穫した(170.0kg/10a)。3ヶ所の10a当り収量は、最高276.5kg、最低129.2kgと畑により大きな差があった(表4、図2)。

果実および種子の100粒乾燥重量はそれぞれ平均16.36～17.22g、10.96～12.02gであった(表5)。機械調製による脱穀収率(果実から

種子への調製)は53.7%、甘皮付き種子からヨクイニンへの精白収率は69.7%であった。精白調製は精米器の精米レベルを最低レベルで行ったが、破碎粒が多数生じた。

D. 考察

北海道研究部における栽培では、ハトムギ‘北のはと’の目標収量は120～150 kg/10aに設定している。本年度の収量は、67.3～118.9 kg/10aであったことから不作であると判断した。不作の主な原因は、北海道全域で5月～7月にかけて降雨が続き低温傾向にあったため、生育温度が高い条件を好むハトムギでは、植物体が十分に生育できず収量に影響したと思われる。

道北地域ではハトムギ‘北のはと’は不作であった。特に道北地域の生産地の減収は顕著であったが、北海道研究部の新規栽培圃場では118.9 kg/10a、士別地区山本氏圃場では215.6 kg/10aと他所と比較して高い収量が得られている。

道北地域のハトムギ‘北のはと’の栽培では、出穂を促進する目的で生育途中で人為的に肥料切れを生じさせている。その施肥方法は追肥せず基肥のみで栽培している。一方、道北よりも温暖な二海郡八雲町では、増収を図るために出穂期および子実の登熟期にそれぞれ追肥する施肥方法を実施している。これらの知見を踏まえると、道北地域で認められた高収量の圃場は、追肥した時と同等の地力があり、増収につながったと推察できる。従って、気象災害に関わらず道北地域の栽培において増収につながる施肥方法(時期や施用量)を検討する必要があると思われた。

主生産地である士別市、滝川市および二海郡八雲町の10a当りの収量を比較すると、生産地が南下するに従い概ね収量が増加する傾向が認められた。これは、生産地の平均気温に依存する現象と考えられ、ハトムギ‘北のはと’は生育温度と収量との間に関係があることが示唆された。

二海郡八雲町で発生したタマナヤガの幼虫によるハトムギの食害は、本来北海道に分布しない農業害虫による被害である。その発

生原因は、春先にタマナヤガの成虫が中国大陸からの気流に乗って飛来して産卵し、その孵化した幼虫が発生したと思われる。今回、タマナヤガの幼虫による食害は、ハトムギに限らず地域の作物全般で認められ、その被害は甚大なことから、タマナヤガが発生した圃場は農薬を散布して廃耕とした。なおタマナヤガは、北海道では越冬できないので、発生初期に十分に駆除することにより、圃場への蔓延や翌年の発生を防ぐことができる。

‘はとろまん’の試験栽培では、10a当たり300～350 kgの果実収量を期待したが得られなかった。原因とし、播種期が遅れたこと、施肥量が多かったため、栄養成長期間が長く、登熟期が遅れ、十分完熟する前に収穫を強いられたため、未熟果が多かったことなどがあげられる。精白調製において、破碎する種子が多く生じたが、種子の登熟が十分でなかったこともその要因と考えられる。今後、播種期を早め、施肥量、特に基肥のチッ素肥料の量を減らし、栽培を行う必要がある。

栽培圃場は休耕田であったため雑草が繁茂し、除草が間に合わず、一部耕作を断念した。播種直後の除草剤の効果的な利用による初期からの除草対策が重要である。

E. 結論

薬用植物資源研究センターで育成したハトムギ品種‘北のはと’および‘はとろまん’の普及の促進と拡大を図るため、商業生産および試験栽培の現地調査を行い、普及状況並びに生育状況を調査し、栽培指導を行った。

平成23年度北海道研究部におけるハトムギ‘北のはと’の試験栽培では、耕作放棄地を想定した荒れ地圃場の10a当り収量は15.7 kg/10aと非常に低い収量であった。連作7年目となる連作圃場の直播栽培は36.5 kg/10a、移植栽培は65.8 kg/10aであった。新規栽培地は、67.3～118.9 kg/10aであった。

北海道内における商業生産量は、作付面積が19.24 ha、規格品の収穫量が20,086 kg、規格品外と合わせた総生産量が22,388 kgであった。その内訳は、士別市における規格

品の生産量が 3,740 kg、同 10a 当りの収量が 83.1 kg/10、滝川市の収穫量が 2,130 kg、同 10a 当りの収量が 152.1 kg/10、二海郡八雲町の生産量が 13,399 kg、同 10a 当りの収量が 136.3 kg/10a であった。

本年度は、北海道全域において降雨が続き低温であったため、各地域でハトムギ‘北のはと’は不作であった。特に道北地域（北海道研究部および士別地区）の減収は顕著であったが、北海道研究部や士別地区の一部の圃場において高収量の圃場を見出した。この知見を踏まえると、気候災害に関わらず施肥方法等を検討することで増収できる可能性があると思われた。

主生産地である士別市、滝川市および二海郡八雲町を 10a 当りの収量を比較すると、生産地が南下するに従い概ね収量が増加する傾向が認められ、ハトムギ‘北のはと’は生育温度と収量との間に関係があることが示唆された。

二海郡八雲町でタマナヤガの幼虫によるハトムギの食害は、タマナヤガの成虫が中国大陸からの気流に乗って飛来して産卵し、幼虫が発生したと思われる。今後、タマナヤガが発生したハトムギ栽培圃場は、速やかに農薬を散布して廃耕して他所への食害を防ぐ

必要がある。

埼玉県秩父市でハトムギ‘はとろまん’の試験栽培を行い、5,077m²の畑から合計848.19 kgの乾燥果実を収穫した(170.0 kg/10 a)。期待した収量が得られなかったが、播種期の遅れや過剰な施肥量がその一因と思われた。休耕田を利用した栽培であったため、雑草が繁茂し、生育の障害となった。播種直後の初期からの除草対策が重要である。

F. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

・菱田敦之、林茂樹、川原信夫、柴田敏郎：
ハトムギ新品種「北のはと」の育成と道内普及 第22回北海道東洋医学シンポジウム
(2011. 9. 3-4, 札幌)

G. 知的財産権の出願・登録状況

品種登録出願：[出願番号] 第24630号、
[種類] Coix ma-yuen Roman.、[品種名]
はとろまん、[出願日] H22.2.26

表1 平成23年度ハトムギ「北のはと」の生産量(北海道研究部)

区分	播種方法	面積(a)	播種日	収穫日	(1)規格品の収 穫量(kg)	(2)規格品外 の収穫量(kg)	(1)と(2)の 合計(kg)	規格品の10a当た りの収量(kg/10a)	1番/2番比
荒地	直播	50	6月3日	9月28日	52.14	26.30	78.44	15.69	2.0
連作	直播	3.46	5月27日	9月27日	9.26	3.36	12.62	36.52	2.8
(8年目)	移植	1.15	5月27日	9月27日	5.96	1.62	7.58	65.80	3.7
新規(5a)	直播	5	5月27日	10月4日	26.40	8.44	34.84	69.68	3.1
新規(10a)	直播	10	5月27日	10月4日	82.04	36.84	118.88	118.88	2.2
新規(ダイオウ跡地)	直播	10	5月27日	10月4日	47.04	20.26	67.30	67.30	2.3
合計		79.608			222.84	96.82	319.66		

表2 平成23年度ハトムギ「北のはと」の生産量(商業生産)

No.	生産者氏名	圃場所在値	区分	作付面積(a)	収穫面積(a)	(1)規格品の 収穫量(kg)	(2)規格品外 の収穫量(kg)	(1)と(2)の 合計(kg)	規格品の10a当た りの収量(kg/10a)
1	村中吉宏	士別市多寄	生産栽培	300	300	2,123	818	2,941	70.8
2	酒田賢一	士別市多寄	生産栽培	50	50	323	84	407	64.6
3	後藤勝幸	士別市多寄	生産栽培	50	50	216	139	355	43.2
4	山本栄一	士別市多寄	生産栽培	50	50	1,078	603	1,681	215.6
	士別地区の小計			450	450	3,740	1,644	5,384	83.1
5	倉知善一	二海郡八雲町	生産栽培	810	733				
6	伊藤忠幸	二海郡八雲町	生産栽培	140	30				
7	河村英昭	二海郡八雲町	生産栽培	65	65				
8	永井義広	二海郡八雲町	生産栽培	32	20	* 八雲町地区では収穫を共同で実施しているため			
9	八雲町センター	二海郡八雲町	試験栽培	5	5	収穫量は合算している。			
10	坂上 博	二海郡八雲町	生産栽培	40	40				
11	柴田信夫	二海郡八雲町	生産栽培	70	70				
12	松浦啓造	二海郡八雲町	生産栽培	30	20				
				1,192	983	13,399	244	13,643	136.3
13	山田洋之	虻田郡豊浦町	生産栽培	40	40	108	18	126	27.0
14	坂爪義春	有珠郡壮瞥町	生産栽培	60	60	542	26	568	90.3
15	近藤進一	有珠郡壮瞥町	生産栽培	7	7	77	8	85	110.1
16	洞爺湖町センター	虻田郡洞爺湖町	試験栽培	0	0	10		10	
17	MOA清水	名寄市	試験栽培	35	35	80	9	88	22.7
18	三谷吉一	滝川市	生産栽培	140	140	2,130	355	2,485	152.1
合計				1,924	1,716	17,956	2,302	20,258	104.7

調査協力: 国産生薬株式会社



図1 タマナヤガの幼虫による食害(二海郡八雲町)

表3 ハトムギ ‘はとろまん’ の播種日、播種量および施肥量

畑番号	畑面積	播種日	播種量	植付前・肥料種類	使用料	10a当たり
No.21	2082㎡	6月1日	1.74 kg (0.87kg/10a)	①苦土石灰	800 kg	400 kg
				②鶏糞	600 kg	300 kg
				③化成肥料(14:14:14)	400 kg	チッ素(N) 28 kg
						リン酸(P) 28 kg
						カリ(K) 28 kg
④牛糞 既に散布済み						
No.7-1 7-2	1032㎡	6月7日	0.87 kg (0.87kg/10a)	①苦土石灰	400 kg	400kg
				②鶏糞	300 kg	300kg
				③化成肥料(14:14:14)	200 kg	N 28 kg
						P 28 kg
						K 28 kg
④牛糞 昨年度に2t車5台入						
No.24-4 24-5	1909㎡	6月9日	2.5 kg (1.25kg/10a)	①苦土石灰	620 kg	310 kg
				②鶏糞		
				③化成肥料(14:14:14)	280 kg	N 19.6 kg
						P 19.6 kg
						K 19.6 kg
④牛糞 2t車10台入						
No.14-8	1709㎡	6月12日	2.3 kg (1.3kg/10a)	①苦土石灰	800 kg	470 kg
				②鶏糞	600 kg	353 kg
				③化成肥料(14:14:14)	400 kg	N 33 kg
						P 33 kg
						K 33 kg
④木くず 2t車15台入						
No.14-4 14-5	2136㎡	6月15日	2.8 kg (1.4kg/10a)	①苦土石灰	260 kg	130 kg
				②鶏糞		
				③化成肥料 (3:7:10)	320 kg	N 5 kg
						P 10 kg
		K 15kg				

畑面積合計 8871 ㎡

表4 ハトムギ ‘はとろまん’ の収穫日および果実収穫量

畑番号	畑面積	収穫日	乾燥時間 (時間)	乾燥状態	収穫量 (果実乾燥重量)	収納袋No.
No.21	2082m ²	雑草負けにて栽培断念				
No.7-1 7-2	1032m ²	12月5日	62	室温→28℃ 風力→中風	285.36 kg (276.5 kg/10a)	2
No.24-4 24-5	1909m ²	12月6日	48	室温→28℃ 風力→中風	246.66 kg (129.2 kg/10a)	3
No.14-8	1709m ²	実が実らず収穫断念				
No.14-4 14-5	2136m ²	12月3日	72	室温→28℃ 風力→中風	316.17 kg (148.0 kg/10a)	1
合計	栽培面積: 8871 m ² 収穫面積: 5077 m ²				848.19 kg/50.8a (170.0 kg/10a)	

表5 ハトムギ ‘はとろまん’ の100粒乾燥重量(g)

圃場番号	100粒重(g: 乾燥重量)	
	果実	種子
7-1,7-2	17.37±0.62	12.20±0.54
24-4,24-5	16.36±0.36	10.96±0.31
14-4,14-5	17.22±0.20	11.53±0.22

Mean±S.D. (n=4)



図2 ハトムギ ‘はとろまん’ の試験栽培状況 (埼玉県秩父市 9月28日)

平成23年度厚生労働科学研究費補助金（創薬基盤推進研究事業）
優良形質を持った薬用植物新品種の育成及びそれら種苗の安定供給体制構築のため
の保存、増殖に関する基盤的研究（H22-創薬総合-指定-015）

分担研究報告書

分担研究課題：選抜育種による品種育成、種苗の増殖および普及に関する研究
-シャクヤクの新品種育成およびその普及-

研究分担者 林 茂樹（独）医薬基盤研究所薬用植物資源研究センター北海道研究部研究員

研究協力者 菱田敦之（独）医薬基盤研究所薬用植物資源研究センター北海道研究部サブリーダー

シャクヤク (*Paeonia lactiflora* Pall.) の乾燥根は葛根湯や加味逍遙散等多くの漢方処方に使用される汎用度が高い漢方薬原料の一つであるが、現在国内自給率が5%以下であり、資源を安定確保するためには今後国内生産量の増加が望まれる。そのためには、品質が高く農業上有用な形質をもった品種の育成が重要な課題となる。現在唯一の薬用品種である‘北宰相’はpaeoniflorin含量や収量性は高いが、albiflorin含量が0.1%以下と極めて低く、根の内部が赤味を帯びることが問題点としてあげられる。そこで、成分含量および根の形状に関する問題点を克服し、低開花率により摘花作業を短縮出来る新品種‘べにしずか’を育成した（登録申請中）。また、‘べにしずか’に次ぐ新品種候補の探索を目的として、本研究部で育成した53系統から成分・収量・根の色を指標として選抜した6系統から、収量が極めて高い系統No.513を昨年度に選抜した。本年度は、上記6系統に‘北宰相’と‘べにしずか’を加えた8系統について、栽培3年目株の形質調査を行い、No.513の品種特性を評価した他、‘べにしずか’および新品種候補の種苗増殖を行った。

まず、‘べにしずか’については、2011年12月より民間企業の協力を得て、埼玉県秩父市において実証栽培が開始された。また、本年度の形質調査の結果、No.513の茎葉重、葉緑素値およびさび病抵抗性が最も高かった。茎葉重と収量の間には正の相関関係が($r=0.824$ 、 $P<0.05$)、さび病被害指数と収量の間には負の相関関係($r=-0.810$ 、 $P<0.05$)がそれぞれ認められたことから、本研究の範囲内では両形質がシャクヤクの収量性を決定づける主要因であることが明らかとなった。すなわち、No.513は地上部の旺盛な生育量と高いさび病抵抗性により高収量を獲得していることが判明した。加えて、「べにしずか」と新品種候補系統については347~460株を本年度新たに増殖した。

A. 研究目的

シャクヤク (*Paeonia lactiflora* Pall.、ボタン科) は根を利用部位とし、鎮痛薬、鎮痙薬、婦人病薬等として、葛根湯や加味逍遙散等多くの漢方処方に使用されている汎用度が高い生薬原料の一つである。第十六改正日本薬局方(JP16)において paeoniflorin 含量が 2%以上と規定され、調製した根が白く仕上がった

製品が上品とされる。近年、国内における薬用シャクヤクの自給率は 5%以下であり、主に中国からの輸入に依存している。しかし、中国からの輸入品はトレーサビリティの確保に限界があることや、中国国内における物価上昇に伴う生薬の価格高騰が懸念されることから、今後、国内生産量の増加が望まれる。

1969 年以来、当センターではシャクヤクの系統選抜を行っており、paeoniflorin 含量や収量が安定して高い品種‘北宰相’が畠山らにより育成され、1996 年に品種登録された(2011 年育成者権消滅)。現在、シャクヤク登録品種の中では‘北宰相’が唯一の薬用品種であるが、albiflorin 含量(加味逍遙散エキスの確認試験項目)が 0.1%以下と極めて低く、加えて調製した根の断面が赤味を帯びるため、生薬として好まれない傾向がある。

そこで、本研究部では、成分含量および根の形状に関する問題点を克服したうえで、低開花率により摘花作業を短縮出来る新品種‘べにしずか’を育成し、2009 年に品種登録申請を行った。また、‘べにしずか’に次ぐ新品種候補の探索を目的として、本研究部で育成した 53 系統から成分・収量・根の色を指標として選抜した 6 系統から、収量が極めて高い系統 No.513 を昨年度に選抜した。本年度は、上記 6 系統に‘北宰相’と‘べにしずか’を加えた 8 系統について、栽培 3 年目株の形質調査を行い、次期新品種候補 No.513 の品種特性を評価した他、‘べにしずか’および新品種候補の種苗増殖を行った。

B. 研究方法

[材料] 本研究部で選抜された栽培 3 年目のシャクヤク(*Paeonia lactiflora* Pall.) 系統 No.204、No.205、No.405、No.505、No.513、No.519、‘べにしずか’、‘北宰相’。

[栽培管理] 2008 年 9 月 25 日に各系統 141~200 株分の根茎を株間 50cm、畝間 60cm で定植した。施肥条件は、基肥として定植前に堆肥 2t/10a と炭カル 100kg/10a を施用。1 年目の 5 月に化成肥料 S271 を 40kg/10a (N, P, K = 4.8, 6.8, 4.4kg/10a)、貝殻 60kg/10a、鶏糞 105kg/10a (N, P, K = 2.4, 6.3, 3.7kg/10a)、7 月に化成肥料 IBS1 号を 40kg/10a (N, P, K = 4, 4, 4kg/10a)、鶏糞 105kg/10a (N, P, K = 2.4, 6.3, 3.7kg/10a)、2 年目の 5 月に化成肥料 S271 を 80kg/10a (N, P, K = 9.6, 13.6, 8.8kg/10a)、貝殻 100kg/10a、鶏糞 150kg/10a (N, P, K = 3.5, 9.0, 5.3kg/10a)、7 月に化成肥料 IBS1 号を

80kg/10a (N, P, K = 8, 8, 8kg/10a)、鶏糞 150kg/10a (N, P, K = 3.5, 9.0, 5.3kg/10a)、3 年目の 5 月に化成肥料 S271 を 100kg/10a (N, P, K = 12, 17, 11kg/10a)、貝殻 120kg/10a、鶏糞 150kg/10a (N, P, K = 3.5, 9.0, 5.3kg/10a)、7 月に化成肥料 IBS1 号を 100kg/10a (N, P, K = 10, 10, 10kg/10a) 鶏糞 150kg/10a (N, P, K = 3.5, 9.0, 5.3kg/10a) を施用。

[調査] 2011 年 8 月 16 日に各系統 10 個体において草丈、茎数、葉緑素値(葉緑素計 SPAD-502) および茎葉重(新鮮重)を測定した。また、2011 年 8 月 26 日にさび病被害指数、9 月 9 日には茎葉の枯れ上りを同様に調査した。なお、さび病被害指数は病斑が全葉に占める割合を観察により指数化し、病斑がない個体を指数 0、病斑が 100%である個体を指数 10 とした(図 1)。さらに茎葉の枯れ上りについても同様に、枯葉が全葉に占める割合を観察により評価した。

[収穫と増殖] 2011 年 9 月 13 日および 14 日に各系統について 141~200 株を収穫し、根と根茎を分離した。根は加工調製後に温風乾燥し、乾燥後に収量調査を行った。根茎については株分けし、増殖用の苗を作成した。

C. 研究結果

1) ‘べにしずか’について、2011 年 12 月より民間企業の協力を得て、埼玉県秩父市において実証栽培を開始した。

2) 地上部の各形質において、系統間で有意な差が認められ、草丈、葉緑素値および茎葉重については系統 No.513 が最も高かった(表 1)。さび病被害指数については No.513 および‘北宰相’ではほとんど病斑がなく、高い耐病性を示していた。また、さび病被害指数と茎葉枯れ上りの間には強い正の相関関係($r=0.967$ 、 $P<0.001$)が認められ(図 1)、No.513 および北宰相は最も枯れ上がりが遅かった(表 1)。茎葉重と収量の間には有意な正の相関関係が認められ(図 2、 $r=0.824$ 、 $P<0.05$)、さび病被害指数と収量の間には有意な負の相関関係(図 3、 $r=-0.810$ 、 $P<0.05$)が認められた。

3) ‘べにしずか’ および新品種候補については347~460株の苗が増殖され、それらを2011年10月21日に圃場へ定植し、更なる増殖を試みた。

D. 考察

本年度の形質調査の結果、No.513 は茎葉重、葉緑素値およびさび病抵抗性が最も高かった(表 1)。茎葉重と収量の間には有意な正の相関関係(図 2)が、さび病被害指数と収量の間には有意な負の相関関係(図 3)がそれぞれ認められたことから、本研究の範囲内では両形質がシャクヤクの収量性を決定づける主要因であることが明らかとなった。すなわち、No.513 は地上部の旺盛な生育量と高いさび病抵抗性により高収量を獲得していることが判明した。なお、No.513 の paeoniflorin 含量(3.97%)は JP16 規定値を十分に満たし、albiflorin 含量は 0.22%と‘北宰相’を上回る値であり(表 2)、根の横断面の色は白く‘北宰相’よりも優れている。

E. 結論

当センターで育成した品種登録申請中の‘べにしずか’について、埼玉県で実証栽培が開始された。また、次期新品種候補 No.513

は、地上部の旺盛な生育量と高いさび病抵抗性により高収量を獲得していることが判明した。‘べにしずか’と新品種候補系統について 347~460 株を新たに増殖した。

F. 研究発表

1. 論文発表

林 茂樹、菱田敦之、熊谷健夫、佐藤正幸、青柳光敏、林 隆章、姉帯正樹、柴田敏郎：摘花作業が省力可能な低開花率の薬用シャクヤク品種の育成、生薬学雑誌、65(2)、129-133(2011)

2. 学会発表

1) 若菜大悟、丸山卓郎、内山奈保子、合田幸弘、神谷洋、川崎武志、山本豊、林茂樹、柴田敏郎：メタボローム解析によるシャクヤクの品質評価(第2報)、日本生薬学会第58回年会講演要旨集、p.353、東京、2011.09.24-25

G. 知的財産権の出願・登録状況

品種登録出願：[出願番号] 第24217号、[種類] *Paeonia lactiflora* Pall.、[品種名] べにしずか、[出願日] H21.10.15



図1 さび病被害指数について. 左の葉を指数0(病斑なし), 右の葉を指数5(病斑が全葉の50%を占める)として調査を行った.

表1 シャクヤク栽培3年目株における「北宰相」, 「べにしずか」および次期品種登録候補の生育関連形質

系統名	草丈 cm	茎数	葉緑素値 SPAD	
204	66.0 ± 7.0	10.6 ± 3.0	60.1 ± 4.1	ab
205	71.2 ± 7.6	12.2 ± 4.8	60.3 ± 2.5	ab
405	63.2 ± 5.2	10.7 ± 3.9	60.0 ± 5.6	ab
505	75.3 ± 4.9	8.1 ± 2.9	64.4 ± 3.8	a
513	82.7 ± 2.0	9.8 ± 2.4	64.5 ± 3.8	a
「べにしずか」	56.8 ± 3.1	23.2 ± 4.4	55.7 ± 3.0	bc
519	58.9 ± 6.3	20.7 ± 5.5	63.8 ± 3.1	a
「北宰相」	53.5 ± 4.6	17.0 ± 3.4	54.5 ± 3.4	c

系統名	茎葉重 fw g/plant	さび病被害指数	茎葉枯れあがり	収量 dw kg/10a
204	314.4 ± 94.0	1.1 ± 0.3	1.2 ± 0.4	579
205	334.6 ± 105.3	0.5 ± 0.5	2.1 ± 0.6	651
405	288.0 ± 99.5	4.6 ± 1.1	8.6 ± 1.7	394
505	251.7 ± 75.4	1.8 ± 0.9	3.5 ± 1.6	451
513	379.6 ± 57.2	0.0 ± 0.0	1.0 ± 0.0	758
「べにしずか」	285.6 ± 50.1	3.7 ± 1.4	6.1 ± 2.3	470
519	331.8 ± 73.6	4.5 ± 0.8	6.4 ± 0.8	486
「北宰相」	301.0 ± 79.1	0.0 ± 0.0	1.0 ± 0.0	576

調査は栽培3年目株を対象とし, 数値は収量を除き平均値±標準偏差を示す(n=10). 異なる文字間に5%水準で有意差あり(Tukey-KramerのHSD検定).

草丈, 茎数, 葉緑素値および茎葉重は2011年8月16日に調査した. 葉緑素値は最新展開葉から3~5葉目の頂小葉を対象とした.

さび病被害指数: 病斑が全葉に占める割合. 0: なし, 5: 50%が病斑, 10: 100%が病斑. 2011年8月26日に調査.

茎葉枯れ上がり: 枯葉が全葉に占める割合. 0: なし, 5: 50%が枯葉, 10: 100%が枯葉. 2011年9月9日に調査.

収量: 2011年9月13, 14日に各系統141~200株を収穫し, 乾燥根の重量を測定した.

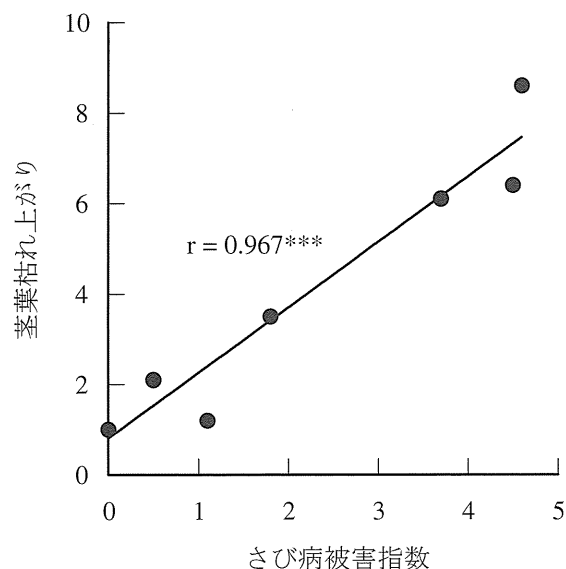


図1 栽培3年目シャクヤクのさび病被害指数と茎葉枯れ上がりの関係。***は0.1%水準で有意な相関があることを示す(n=8)。データは表1の平均値を用い、各プロットは各系統を示す。

表2 シャクヤク栽培3~4年目株における各系統の成分含量^{※1}

系統名	Paeoniflorin (%)				Albiflorin (%)			
	1996年 ^{※2}	1999年	2002年	ave	1996年	1999年	2002年	ave
204	5.58	4.48	4.66	4.91	0.12	0.16	0.11	0.13
205	3.35	3.66	3.56	3.52	1.04	1.42	1.23	1.23
405	3.14	3.80	3.17	3.37	1.72	2.48	1.82	2.01
505	4.36	5.21	4.61	4.73	0.10	0.08	0.17	0.12
513	3.68	4.46	3.76	3.97	0.20	0.28	0.19	0.22
「べにしずか」	4.23	4.43	4.61	4.42	0.47	0.56	0.56	0.53
519	4.30	4.77	4.73	4.60	0.29	0.30	0.26	0.28
「北宰相」	-	5.29	3.92	4.60	-	0.02	0.06	0.04
45~53系統 の平均値	3.58	4.08	4.05	3.82	0.48	0.64	0.49	0.55

系統名	Oxypaeoniflorin (%)				Gallotannin (%)			
	1996年	1999年	2002年	ave	1996年	1999年	2002年	ave
204	0.65	0.32	0.82	0.60	0.33	0.25	0.34	0.31
205	0.38	0.35	0.69	0.47	0.27	0.19	0.25	0.24
405	0.24	0.20	0.40	0.28	0.82	0.63	0.72	0.72
505	0.49	0.40	0.72	0.54	0.51	0.30	0.64	0.48
513	0.13	0.13	0.21	0.16	0.23	0.21	0.39	0.28
「べにしずか」	0.19	0.16	0.35	0.23	0.50	0.36	0.86	0.57
519	0.18	0.15	0.28	0.20	0.58	0.43	0.74	0.58
「北宰相」	-	0.32	0.45	0.38	-	0.31	0.46	0.39
45~53系統 の平均値	0.24	0.21	0.43	0.28	0.46	0.36	0.55	0.46

※1 林ら, 生薬学雑誌, 65, 129-133(2011)より引用.

※2 収穫年次.

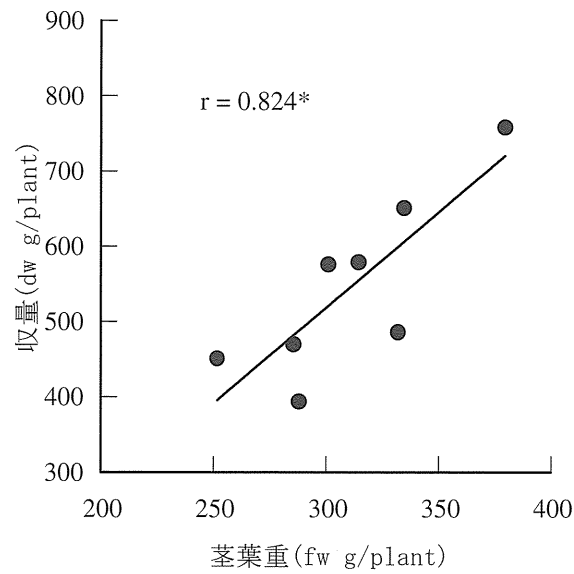


図2 栽培3年目シャクヤクの茎葉重と収量の関係。*は5%水準で有意な相関があることを示す(n=8)。データは表1の平均値を用い、各プロットは各系統を示す。

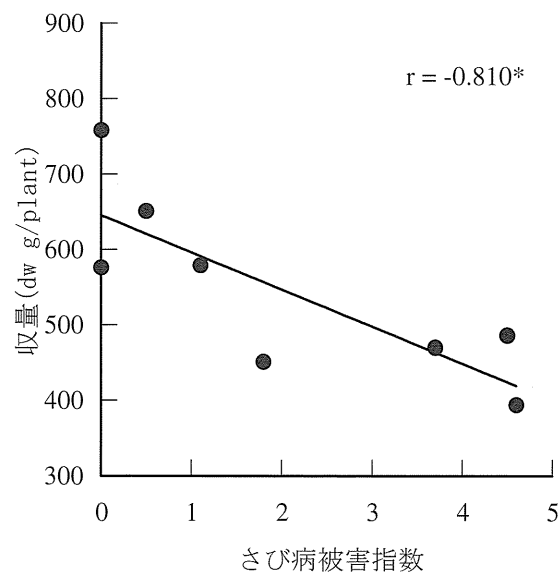


図3 栽培3年目シャクヤクのさび病被害指数と収量の関係。*は5%水準で有意な相関があることを示す(n=8)。データは表1の平均値を用い、各プロットは各系統を示す。

平成23年度厚生労働科学研究費補助金（創薬基盤推進研究事業）
優良形質を持った薬用植物新品種の育成及びそれら種苗の安定供給体制構築のため
の保存、増殖に関する基盤的研究（H22-創薬総合-指定-015）

分担研究報告書

分担研究課題：選抜育種による品種育成、種苗の増殖および普及に関する研究
-カンゾウのグリチルリチン酸高含有系統の育成-

研究分担者 林 茂樹（独）医薬基盤研究所薬用植物資源研究センター北海道研究部研究員

研究協力者 菱田敦之（独）医薬基盤研究所薬用植物資源研究センター北海道研究部サブリーダー

研究協力者 高上馬希重北海道医療大学 准教授

カンゾウの乾燥した根およびストロンは生薬「甘草」として一般用漢方製剤において約70%に処方される最も汎用度が高い漢方薬原料であり、その抽出物は医薬品、化粧品の原料および食品添加物として広く利用されている。現在、その供給は中国をはじめ海外からの輸入にすべて依存しており、またその多くを野生品の採取に依存していることから資源の枯渇が懸念され、日本において安定的に生産する技術の開発が求められる。しかし、栽培品のグリチルリチン酸（GL）含量が第16改正日本薬局方の規定値2.5%を安定的に満たさないことが大きな問題点となっていることから、国内における通常の栽培体系でも規定値を安定的に満たす品種を育成することを目的とし、2008年から当センターにて選抜育種を実施してきた。すなわち、種子から通常栽培した5年生株から生育とGL含量について第1次選抜を行い、GL含量が3.2~4.6%であった9系統が選抜され、優良系統として特許出願を行った。

本年度は、優良系統の栄養繁殖3年目株およびその他の比較系統について根重とGL含量の再現性評価を行い、第2次選抜を行うとともに、品種登録へ向けて区別性を示すための有用な特性調査項目を検索した。その結果、根重については親株と栄養系の高に高い再現性が認められなかった。これに対し、GL含量については親株と栄養系の高に強い相関関係（ $r=0.903$ 、 $p<0.001$ ）が認められたことから、異なる環境下でも形質の再現性が高いことが判明した。また、親株および栄養系ともに根重およびGL含量が安定的に高かった系統No.10（GL 3.42%）およびNo.70（GL 3.19%）を第2次選抜系統とした。さらに、開花期、花色、小葉の形、開花株率、葉長、葉幅、葉長/葉幅、小葉長、小葉数、草丈、分枝数については、系統間で異なる形質であり年次間での形質再現性が高いことから（ $r>0.75$ ）、系統間の区別性を示す有用な特性調査項目となることが判明した。

A. 研究目的

マメ科の多年草、ウラルカンゾウ（*Glycyrrhiza uralensis* Fisch.）およびスペインカンゾウ（*G. glabra* L.）の乾燥した根およびストロン（地下茎）は、生薬「甘草」として第十六改正日本薬局方（以下、JP16）に記載され、漢方薬（小柴胡湯、葛根湯、甘草湯、

等）の原料として用いられている。「甘草」はグリチルリチン酸（以下GL）やリクイリン等の活性成分を含み、一般用漢方製剤において約70%に処方される最も汎用度が高い生薬である。現在、国内における商業生産は無く、中国を主とした海外からの輸入にすべて依存している。しかし、中国では砂漠化

防止対策の一環で野生品の採取を制限していることや、所得水準の上昇に伴い中国国内でも高品質な生薬の需要が高まっていることから、輸入価格が年々高騰している。さらに、トレーサビリティシステムの導入やポジティブリスト制度の施行に伴い、今後ますます資源の確保が困難になることが予想される。このことから、カンゾウの国内生産が強く望まれるが、栽培品のGL含量は野生品と比較して顕著に低く、JP16の規定値2.5%に満たないことが栽培化を妨げる問題点となっている。

これまで、国内における通常の栽培体系でもGL含量が2.5%を安定的に満たすカンゾウの品種を育成することを目的とし、2008年から選抜育種を実施してきた。すなわち、種子から通常栽培した5年生株を約600個体収穫し、生育等を指標として100個体を選抜した後、それら主根基部のグリチルリチン酸含量を測定した。その結果、第1次選抜ではGL含量が3.2~4.6%であった9系統が選抜され、優良系統として特許出願を行った（特願2009-200179）。カンゾウのGL含量は環境要因により大きく変動することから、2009年より開始した第2次選抜では、これらの系統について第1次選抜とは異なる環境下にて栄養繁殖を行い、根重およびGL含量の再現性を確認し、更なる選抜を試みている。

本年度は、栄養繁殖3年目の上記優良系統と、比較系統としてGL含量が極めて低かった系統（以下、低GL系統）およびその他の標準系統についてGL含量を含む特性調査を行い、第2次選抜を行うとともに、品種登録へ向けて区別性を示すための有用な特性調査項目を検索した。

B. 研究方法

第1次選抜においてGL含量>4%であった4系統（高GL系統、No. 5、20、70、75）、GL含量>3%で高収量であった2系統（高収量系統、No.10、15）、低GLの5系統（ural. 21、33、55、59、84）を対象とした。各ストロンを10~15cmに切り分け、本研究部圃場の

灰色低地土が充填された1/2000aワグネルポットへ2009年5月25日に定植した。定植後から2009年7月6日までは野外、2009年7月6日から2009年10月22日まではビニールハウス内（灌水 2回/週）、2009年10月22日からは野外にて栽培した。2010年は6月14日から10月22日までビニールハウス内にて栽培し（灌水 2回/日）、その後野外へ移動した。2011年は6月17日から10月3日までビニールハウス内（灌水 2回/週）にて栽培した。

施肥条件は、2009年6月17日に化成肥料444を40kg/10a（N, P, K=5.6, 5.6, 5.6 kg/10a）、2009年8月13日に化成肥料S325を40kg/10a（N, P, K=1.2, 8.8, 6 kg/10a）、2010年5月19日に炭カル100kg/10a、化成肥料444を50kg/10a（N, P, K=7, 7, 7kg/10a）、2010年7月7日に化成肥料325を50kg/10a（N, P, K=1.5, 11, 7.5kg/10a）、2011年6月14日に炭カル100kg/10a、化成肥料444を60kg/10a（N, P, K=8.4, 8.4, 8.4kg/10a）、2011年7月19日に化成肥料325を60kg/10a（N, P, K = 1.8, 13.2, 9kg/10a）を施用した。

また、標準系統として北大系、北農試系、医療大系および甘草屋敷系を2010年5月19日に定植し、上記と同様の処理を施した。

[特性調査]

すべての系統について、2011年5月中旬から萌芽期、6月下旬から開花期と花色、8月15日に開花株数、花序数、茎葉の毛、茎の色、葉の波打および小葉の形、葉長、葉幅、小葉長、小葉幅、小葉数、草丈、茎数、茎の太さ、節数、分枝数を調査した。また、2011年10月3日にすべて収穫し、根頭径、根数、部位別の乾物重（茎葉重、ストロン重、根重、50°C、10日間乾燥）を測定した。根については乾燥サンプルを微粉碎後、GL含量をJP16に準じて測定した。なお、調査個体数および栽培年数については各表に示した。

C. 研究結果

1) 根重は系統間で有意に異なり、優良系統内ではNo.10が最も高く、次いでNo.5、No.70の順となった（表1、図1A）。GL含量も系統間で有意に異なり、No.10が3.42%と最も高く、

次いでNo.75 (3.25%)、No.70 (3.19%) の順となった(表1、図1B)。また、GL収量についてみると、No.10が最も高く、次いでNo.70となった(表1)。

2) 親株-栄養系間の形質再現性についてみると、根重は一部の系統を除くと概ね正の関係にあったものの、有意な相関関係は認められなかった($r=0.243$ 、図2A)。これに対し、GL含量では親株と栄養系の間には強い正の相関関係が認められた($r=0.903$ 、 $p<0.001$ 、図2B)。

3) 系統間の区別性を示す上で有用な形質を検索するために、量的形質について多重比較検定を行った結果、根数と収穫指数を除くすべての調査項目で有意差が認められた(表1、2)。また、視覚的に評価した茎の色や小葉の形等の形質についても系統間で差異が認められた(表3)。

各系統における形質の再現性を評価するために、2010年に調査した栄養繁殖2年目株との相関関係を解析した結果、葉長、葉幅、葉長/葉幅、小葉長、小葉数、草丈、分枝数、開花期、花色、小葉の形、開花株率においてr値が0.75以上と強い相関関係が認められた(表2、3)。

D. 考察

実生由来株から選抜した優良系統を栄養繁殖し、その栽培3年目株における根重とGL含量の再現性を検証した。その結果、根重については親株と栄養系の間には高い再現性が認められなかった(図2A)。一方、GL含量については親株と栄養系の間には強い相関関係が認められたことから(図2B)、異なる環境下でも形質の再現性が高いことが判明した。ただし、優良系統親株のGL含量の平均値が4.0% (3.2~4.6%)であったのに対し、栄養系では2.9% (2.4~3.4%)と1%以上平均値が低くなった。これらの要因としては繁殖様式(実生繁殖と栄養繁殖)、栽培年数(5年と3年)、栽培環境(圃場とポット、野外とビニールハウス)および調査個体数(1個体と2~8個体)の違いが関連していると推察される。以上のことから、親株および栄養系ともに根重およびGL含量が安定的に高かつ

た系統No.10とNo.70を第2次選抜系統とした。

葉長、葉幅、葉長/葉幅、小葉長、小葉数、草丈、分枝数、開花期、花色、花色、小葉の形、開花株率については、系統間で異なる形質であり年次間での形質再現性が高いことから、系統間の区別性を示す有用な特性調査項目となることが判明した。

E. 結論

第1次選抜した優良系統の栄養繁殖3年目株について再現性評価を行い、再選抜を実施した結果、親株、栄養系ともに根重とGL含量が高かったNo.10とNo.70を選抜した。また、系統間の区別性を示すために有用な形質が明らかとなった。

F. 研究発表

1. 論文発表

Mareshige Kojoma, Shigeki Hayashi, Toshiro Shibata, Yutaka Yamamoto and Haruo Sekizaki, Variation of glycyrrhizin and liquiritin contents within a population of 5-year-old licorice (*Glycyrrhiza uralensis*) plants cultivated under the same conditions, *Biol. Pharm. Bull.*, 34, 1334-1337(2011)

2. 学会発表

1) 高上馬希重・林 茂樹・柴田敏郎・川原信夫、山本 豊、生薬「甘草(カンゾウ)」の原植物*Glycyrrhiza uralensis*におけるグリチルリチン高含有系統の選抜について、日本生薬学会北海道支部第35回例会講演要旨集、p.65、札幌 (2011.05.21)

2) 高上馬希重・林 茂樹・柴田敏郎・川原信夫、山本 豊、高品質甘草の開発研究：ウルカンゾウ(*Glycyrrhiza uralensis*)のグリチルリチン酸高含有系統におけるリクイリチン特性、日本生薬学会第58回年会講演要旨集、p.153、東京 (2011.09.24-25)

G. 知的財産権の出願・登録状況

特願2009-200179 [発明者] 林 茂樹、柴田敏郎、高上馬希重 [発明の名称] 新規ウルカンゾウ及びその栽培用ストロン

表1 栄養繁殖3年目カンゾウにおける生育関連形質の系統間比較

分類	系統名 No.	栽培 年数	n	茎葉重 (dw g/plant)	ストロン重 (dw g/plant)	根重 (dw g/plant)	全重 (dw g/plant)	収穫指数
高GL	5	3	8	7.9 ± 1.9 ^{abc}	7.9 ± 3.0 ^b	15.8 ± 6.3 ^{bc}	31.6 ± 7.3 ^{bcde}	0.48 ± 0.14 ^a
高GL	20	3	4	6.4 ± 2.3 ^{bcde}	8.4 ± 3.8 ^{ab}	7.4 ± 2.2 ^c	22.2 ± 4.9 ^{de}	0.35 ± 0.13 ^a
高GL	70	3	5	5.5 ± 0.7^{cde}	11.8 ± 2.8^{ab}	13.9 ± 5.0^{bc}	31.3 ± 4.1^{bcde}	0.44 ± 0.11^a
高GL	75	3	4	4.5 ± 0.9 ^{de}	6.0 ± 4.8 ^b	7.9 ± 3.5 ^c	18.4 ± 6.0 ^e	0.44 ± 0.16 ^a
高収	10	3	6	8.2 ± 1.6^{abc}	12.8 ± 5.3^{ab}	17.2 ± 3.9^{bc}	38.2 ± 6.5^{bcd}	0.46 ± 0.10^a
高収	15	3	4	3.4 ± 0.4 ^e	8.7 ± 5.4 ^{ab}	13.9 ± 1.3 ^{bc}	26.1 ± 4.4 ^{cde}	0.55 ± 0.11 ^a
低GL	21	3	8	7.3 ± 1.4 ^{bcd}	17.6 ± 7.1 ^a	17.2 ± 5.1 ^{bc}	42.0 ± 7.8 ^{abc}	0.42 ± 0.13 ^a
低GL	33	3	7	10.1 ± 1.9 ^a	10.1 ± 4.4 ^{ab}	22.0 ± 6.1 ^{ab}	42.1 ± 6.7 ^{abc}	0.52 ± 0.11 ^a
低GL	55	3	6	9.6 ± 1.9 ^{ab}	11.6 ± 3.5 ^{ab}	23.3 ± 4.8 ^{ab}	44.5 ± 9.3 ^{ab}	0.53 ± 0.03 ^a
低GL	59	3	6	5.8 ± 1.2 ^{cde}	18.7 ± 6.7 ^a	30.9 ± 8.4 ^a	55.4 ± 15.1 ^a	0.56 ± 0.06 ^a
低GL	84	3	2	11.9 ±	16.8 ±	19.2 ±	48.1 ±	0.41 ±
比較	北大系	2	6	6.1 ± 2.7	16.2 ± 8.5	5.5 ± 3.1	27.8 ± 13.8	0.19 ± 0.05
比較	北農試系	2	0	-	-	-	-	-
比較	医療大系	2	6	5.5 ± 2.4	18.2 ± 9.8	4.9 ± 3.2	28.6 ± 14.1	0.16 ± 0.07
比較	甘草屋敷系	2	3	1.4 ± 0.5	1.8 ± 1.8	0.8 ± 0.7	4.0 ± 2.7	0.19 ± 0.07

分類	系統名 No.	栽培 年数	n	根頭径 (mm)	根数	根のGL (%)	根のGL収量 (dw g/plant)
高GL	5	3	8	13.1 ± 4.0 ^{ab}	3.3 ± 1.7 ^a	2.49 ± 0.35 ^b	0.40 ± 0.17 ^{ab}
高GL	20	3	4	10.4 ± 3.2 ^{ab}	2.8 ± 1.5 ^a	2.91 ± 0.36 ^{ab}	0.22 ± 0.09 ^{bc}
高GL	70	3	5	15.0 ± 5.4^{ab}	2.8 ± 1.5^a	3.19 ± 0.63^a	0.45 ± 0.18^{ab}
高GL	75	3	4	8.8 ± 1.4 ^b	3.8 ± 0.5 ^a	3.25 ± 0.33 ^a	0.26 ± 0.13 ^{bc}
高収	10	3	6	11.9 ± 3.7^{ab}	2.7 ± 1.2^a	3.42 ± 0.27^a	0.59 ± 0.15^a
高収	15	3	4	13.1 ± 2.1 ^{ab}	1.0 ± 0.0 ^a	2.40 ± 0.23 ^b	0.34 ± 0.04 ^{bc}
低GL	21	3	8	13.2 ± 3.2 ^{ab}	2.8 ± 1.3 ^a	0.80 ± 0.32 ^d	0.13 ± 0.07 ^c
低GL	33	3	7	15.2 ± 3.3 ^{ab}	2.9 ± 2.4 ^a	1.39 ± 0.36 ^c	0.29 ± 0.08 ^{bc}
低GL	55	3	6	15.3 ± 2.4 ^{ab}	2.2 ± 1.0 ^a	0.99 ± 0.25 ^{cd}	0.22 ± 0.04 ^{bc}
低GL	59	3	6	16.7 ± 3.3 ^a	3.3 ± 1.6 ^a	0.74 ± 0.14 ^d	0.23 ± 0.08 ^{bc}
低GL	84	3	2	10.5 ±	2.5 ±	1.44 ±	0.28 ±
比較	北大系	2	6	6.7 ± 1.8	2.7 ± 1.8	2.26 ± 0.37	0.12 ± 0.07
比較	北農試系	2	1	-	-	-	-
比較	医療大系	2	6	6.3 ± 3.3	3.7 ± 1.5	2.00 ± 0.28	0.10 ± 0.07
比較	甘草屋敷系	2	3	2.8 ± 1.2	2.0 ± 1.0	2.33 ± 0.06	0.03 ± 0.01

2011年10月3日に収穫。異なる文字間に5%水準で有意差あり(Tukey-KramerのHSD検定)。

根数:直径2mm<

収穫指数:根重/全重

GL:根のグリチルリチン酸含量,甘草屋敷系はn=2

GL収量:根のグリチルリチン酸収量=根重(g)×グリチルリチン酸含量(%)/100

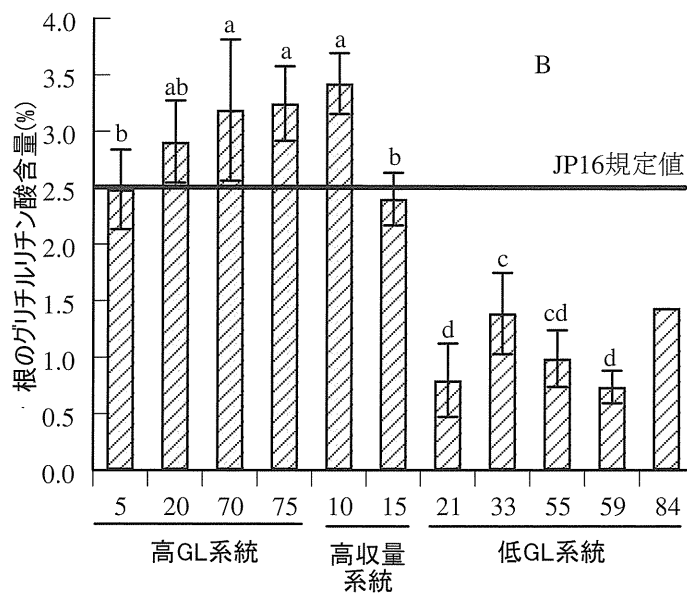
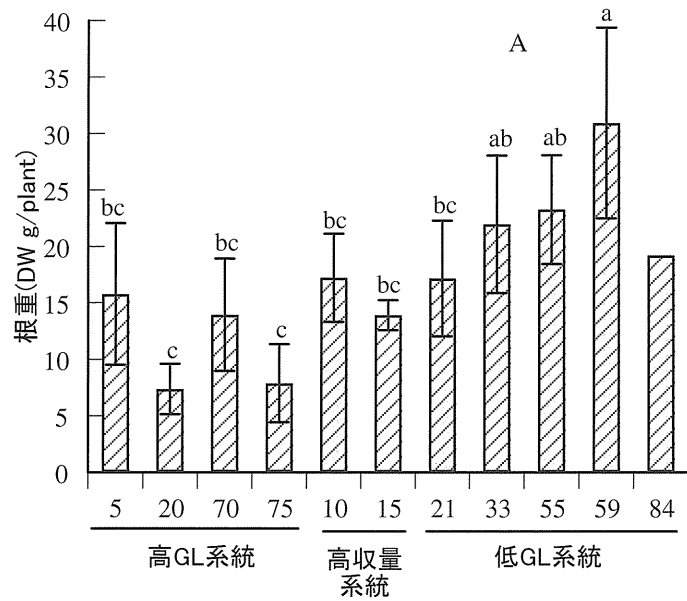


図1 栄養繁殖3年目カンゾウの各系統における根重およびグリチルリチン酸含量。異なる文字間に5%水準で有意差あり(Tukey-KramerのHSD検定, nは表1に示す)。

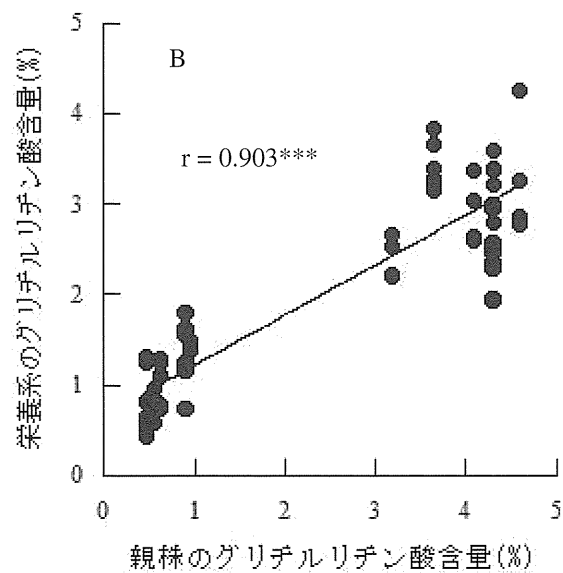
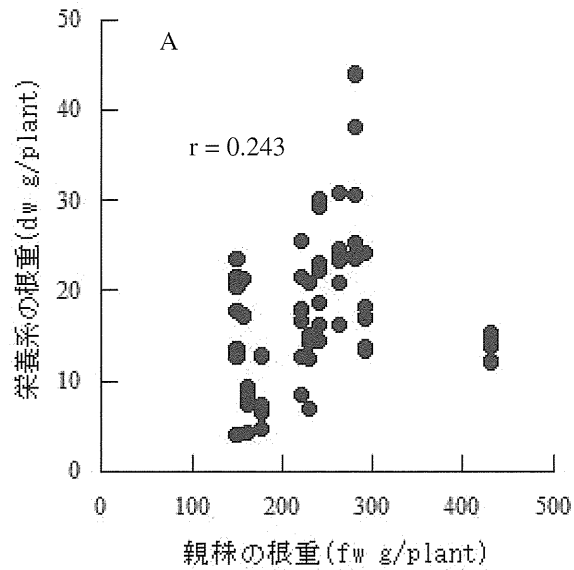


図2 カンゾウ各系統の根重およびグリチルリチン酸含量における親株と栄養系の相関性。親株は2008年8月27日に収穫した実生繁殖5年生株，栄養系は2011年10月3日に収穫した栄養繁殖3年目株の値である。***は0.1%で有意な相関があることを示す(n=60)。

表2 栄養繁殖3年目のカンゾウ各系統における特性分類調査結果 (その1)

分類	系統名 No.	栽培 年数	n	葉長 (cm)	葉幅 (cm)	葉長/葉幅	小葉長 (cm)	小葉幅 (cm)	小葉長/小葉幅
高GL	5	3	8	16.4 ± 0.4 ^{ab}	7.0 ± 0.4 ^{bc}	2.37 ± 0.11 ^{ab}	3.8 ± 0.2 ^b	2.2 ± 0.1 ^b	1.77 ± 0.08 ^{ab}
高GL	20	3	4	14.7 ± 1.0 ^{bcd}	7.2 ± 0.9 ^{bc}	2.05 ± 0.16 ^{bcd}	4.1 ± 0.6 ^{ab}	2.2 ± 0.1 ^b	1.85 ± 0.19 ^{ab}
高GL	70	3	5	16.5 ± 1.0^{ab}	9.9 ± 1.1^a	1.67 ± 0.17^d	4.8 ± 0.5^a	3.0 ± 0.3^a	1.59 ± 0.13^{ab}
高GL	75	3	4	14.3 ± 1.2 ^{cd}	6.4 ± 0.6 ^c	2.28 ± 0.40 ^{abc}	3.1 ± 0.5 ^{bc}	2.2 ± 0.3 ^b	1.44 ± 0.11 ^{ab}
高収	10	3	6	13.2 ± 0.5^d	6.2 ± 0.3^c	2.13 ± 0.13^{bc}	3.2 ± 0.2^{bc}	2.1 ± 0.1^b	1.52 ± 0.08^{ab}
高収	15	3	4	12.4 ± 0.8 ^d	5.9 ± 0.4 ^c	2.10 ± 0.18 ^{bcd}	3.3 ± 0.5 ^{bc}	1.8 ± 0.3 ^b	1.82 ± 0.05 ^{ab}
低GL	21	3	8	15.1 ± 1.2 ^{bc}	5.8 ± 0.7 ^c	2.64 ± 0.26 ^{ab}	3.0 ± 0.4 ^c	1.9 ± 0.2 ^b	1.60 ± 0.13 ^{ab}
低GL	33	3	7	15.4 ± 1.1 ^{bc}	8.0 ± 1.1 ^b	1.95 ± 0.27 ^{cd}	3.7 ± 0.7 ^{bc}	2.3 ± 0.4 ^b	1.61 ± 0.15 ^{ab}
低GL	55	3	6	17.9 ± 1.6 ^a	8.1 ± 0.9 ^b	2.24 ± 0.12 ^{bc}	3.9 ± 0.4 ^{ab}	2.1 ± 0.2 ^b	1.85 ± 0.17 ^{ab}
低GL	59	3	6	14.4 ± 0.7 ^{cd}	6.9 ± 0.7 ^{bc}	2.11 ± 0.16 ^{bc}	3.3 ± 0.5 ^{bc}	2.1 ± 0.4 ^b	1.34 ± 0.67 ^b
低GL	84	3	2	16.7 ±	6.6 ±	2.52 ±	3.6 ±	2.3 ±	1.54 ±
比較	北大系	2	6	16.2 ± 2.1	6.3 ± 0.7	2.57 ± 0.37	2.2 ± 0.3	1.8 ± 0.2	1.25 ± 0.07
比較	北農試系	2	1	16.5 ±	7.2 ±	2.29 ±	3.5 ±	2.2 ±	1.59 ±
比較	医療大系	2	6	17.2 ± 1.8	6.4 ± 1.8	2.80 ± 0.54	2.3 ± 0.6	2.0 ± 0.5	1.16 ± 0.11
比較	甘草屋敷系	2	3	12.5 ± 2.2	6.4 ± 1.9	2.02 ± 0.33	2.9 ± 1.1	2.1 ± 0.5	1.34 ± 0.18
2年目株との相関係数(r)				0.769	0.787	0.853	0.883	0.728	0.508
有意性				**	**	***	***	*	ns

分類	系統名 No.	栽培 年数	n	小葉数	草丈 (cm)	茎数	茎太 (mm)	節数	分枝数
高GL	5	3	8	10.8 ± 0.7 ^a	61 ± 6 ^c	3.5 ± 1.2 ^{abc}	3.7 ± 0.3 ^c	30.0 ± 1.5 ^{ab}	0.6 ± 1.8 ^c
高GL	20	3	4	9.0 ± 0.0 ^b	62 ± 2 ^{bc}	2.3 ± 0.5 ^{bc}	4.1 ± 0.4 ^{abc}	25.7 ± 2.2 ^b	11.5 ± 4.9 ^a
高GL	70	3	5	8.2 ± 1.1^b	67 ± 10^{abc}	1.4 ± 0.5^c	4.2 ± 0.3^{abc}	34.0 ± 4.4^a	8.6 ± 3.6^{ab}
高GL	75	3	4	8.5 ± 1.9 ^b	58 ± 5 ^c	2.5 ± 1.0 ^{abc}	3.4 ± 0.3 ^c	29.0 ± 1.8 ^{ab}	6.0 ± 3.3 ^{abc}
高収	10	3	6	9.0 ± 0.0^b	60 ± 8^c	3.8 ± 1.5^{abc}	4.4 ± 0.6^{abc}	31.6 ± 1.5^a	3.3 ± 3.1^{bc}
高収	15	3	4	8.0 ± 1.2 ^b	58 ± 6 ^c	2.0 ± 1.2 ^{bc}	4.5 ± 0.9 ^{abc}	28.6 ± 3.2 ^{ab}	3.0 ± 3.6 ^{bc}
低GL	21	3	8	11.0 ± 0.0 ^a	68 ± 7 ^{abc}	4.9 ± 1.6 ^a	3.9 ± 0.3 ^{abc}	30.0 ± 2.3 ^{ab}	0.6 ± 1.8 ^c
低GL	33	3	7	8.4 ± 1.0 ^b	75 ± 11 ^{ab}	2.9 ± 2.0 ^{abc}	4.5 ± 0.8 ^{ab}	30.8 ± 1.2 ^{ab}	8.1 ± 5.5 ^{ab}
低GL	55	3	6	11.0 ± 0.0 ^a	80 ± 8 ^a	2.7 ± 1.0 ^{abc}	4.7 ± 0.4 ^a	25.8 ± 2.6 ^b	1.0 ± 2.4 ^c
低GL	59	3	6	11.0 ± 0.0 ^a	59 ± 3 ^c	4.3 ± 0.8 ^{ab}	3.7 ± 0.3 ^{bc}	30.0 ± 6.4 ^{ab}	0.2 ± 0.4 ^c
低GL	84	3	2	9.0 ±	71 ±	2.0 ±	5.1 ±	27.0 ±	3.5 ±
比較	北大系	2	6	14.0 ± 1.1	46 ± 11	2.5 ± 0.5	4.3 ± 0.8	17.8 ± 2.3	5.3 ± 1.5
比較	北農試系	2	1	9.0 ±	37 ±	1.0 ±	2.9 ±	20.0 ±	0.0 ±
比較	医療大系	2	6	13.7 ± 1.0	41 ± 3	3.5 ± 1.9	3.3 ± 0.4	17.2 ± 1.6	4.5 ± 1.5
比較	甘草屋敷系	2	3	11.0 ± 3.5	32 ± 7	1.3 ± 0.6	2.3 ± 0.5	24.7 ± 2.1	0.0 ± 0.0
2年目株との相関係数(r)				0.798	0.808	0.581	0.733	0.665	0.847
有意性				**	**	ns	*	*	**

調査は2011年8月15日に実施。異なる文字間に5%水準で有意差あり(Tukey-KramerのHSD検定)。

葉長：主茎の最新展開葉から10葉目の葉長。

葉幅：主茎の最新展開葉から10葉目の最大葉幅。

小葉長：主茎の最新展開葉から10葉目の頂小葉の長さ。

小葉幅：主茎の最新展開葉から10葉目の頂小葉の最大小葉幅。

小葉数：主茎の最新展開葉から10葉目の小葉の数。

草丈：主茎成長点までの高さ。

茎数：2節以上の茎の数。

茎の太さ：主茎の地際から3節目の茎の太さ。

節数：主茎の節の数。

分枝数：主茎において2つ以上の節を有する分枝の数。

2年目株との相関係数：各系統における形質の再現性を評価するために、2010年に調査した栄養繁殖2年目株と2011年に調査した3年目株における同一項目間の相関係数を算出(比較系統を除く)。nsは有意性がないことを、*、**および***はそれぞれ5%、1%および0.1%水準で有意な相関があることを示す(n=11)。