



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	北海道におけるアマランサス、キノアおよびルーピンの栽培適性について
Author(s)	平田, 聡之; HIRATA, Toshiyuki; 太田, 沙織 他
Citation	北海道大学農学部農場研究報告, 32, 1-6
Issue Date	2001-03-29
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/13446
Type	departmental bulletin paper
File Information	32_p1-6.pdf



北海道におけるアマランサス、キノアおよびルーピンの栽培適性について

平田 聡之・太田 沙織・由田 宏一・中嶋 博

(北海道大学農学部附属農場植物資源開発部門)

(2001年1月15日受理)

緒 論

近年、農業の分野において、世界的人口増加による食糧不足の深刻化、少数の作物種の大規模商業生産による土地の疲弊化、環境の汚染など、様々な問題が生じている。さらに、食事内容の変化、流通機構の変化、加工食品の普及などから食物アレルギーが急増し、主食となるイネ科穀物、すなわち米・麦にまで反応する例が報告されており、イネ科に代わる雑穀類の利用が注目されるようになってきている²⁾。これらのように、現代の作物生産に求められる役割は年々、拡大、多様化してきている。

これらの要望に応えるため、近年、農学研究者・育種家・食品加工者などから、アワ・キビなど歴史的に古くから利用されてきたが、現在利用が減少している作物について注目されるようになった。それらのうち、今後の利用拡大が見込まれる作物の例としてアマランサス (*Amaranthus hypochondriacus*)、キノア (*Chenopodium quinoa*) およびルーピン (*Lupinus* spp.) が挙げられる。

アマランサスは、2000年以前のインカ文明およびアステカ文明(古代メキシコ)社会では、トウモロコシや豆類に匹敵する基礎的食糧であり、宗教儀式にも用いられた重要な作物であった¹⁴⁾。またキノアは、標高4000m以上のアンデスの高原においてジャガイモに次ぐ基礎的食糧であった⁵⁾。これらはコロンブスの大陸発見以降、スペイン人の征服を受けて新大陸の古代文明が破壊されていくとともに栽培が激減していったことが知られている。これらの作物は、それぞれヒユ科およびアカザ科に属しており、その高い栄養価から食物アレルギー患者のイネ科穀物食品の代替食品として現在注目されている^{2),5),10),12),13),15)}。

ルーピン (*Lupinus* 属) の利用の歴史は古く、*L. mutabilis* (pearl lupin, マグラハウチワマメ) は、アンデスの高地で約6000年前、その他の種は3000年以前より地中海沿岸で、食用として利用されていた^{6),7),17)}。しかしながら、植物体の中に多量のアルカロイドを有しており、苦味が強いことから長い間その利用は比較的限られた地域に限定された^{6),7)}。その後、1928年に *L. luteus* (yellow lupin, 黄花ルーピン) から低アルカロイドの変異体が選抜されたことから、*Lupinus* 属の他種においても同様な変異体の調査が行われ、世界各地に低アルカロイドのルーピン品種が利用されるようになった^{3),4),11)}。本研究では、*Lupinus* 属の主要栽培種である、*L. angustifolius*, *L. luteus* および *L. albus* の3種について調査した。

L. angustifolius (narrow-leafed lupin, 細葉ルーピン) は、貧栄養砂質土壌 (CEC (cation exchange capacity) < 5 cmol) に例外的に適應していたことから、1960年代にオーストラリアに本格的に導入されて以降、小麦栽培のローテーション作物として、年々栽培面積が増加している^{3),4),11)}。*L. luteus* (yellow lupin, 黄花ルーピン) は、とくにタンパク質含量が高い特徴をもっている種である。また、*L. albus* (white lupin, 白花ルーピン) は、紀元前2000年以前よりエジプトで利用され、現在ではヨーロッパを中心に栽培されている種である¹¹⁾。これら *Lupinus* 属の利用は、食用のみにとどまらず、飼料用、油料用、緑肥用と多岐にわたっており、その利用価値は高いものと思われる⁴⁾。

本研究では、日本においてほとんど利用が顧みられることがなかった作物のうち、今後の利用拡大が見込まれるアマランサス、キノアおよびルーピ

ンの各作物種について、北海道における適応性、および栽培にあたり考慮すべき問題点、望まれる特性について検討した。

材料および方法

材料は、表1で示したアマランサス(*Amaranthus hypochondriacus*) 6系統、キノア(*Chenopodium quinoa*) 1系統、*Lupinus angustifolius* 22系統、*L. luteus* 20系統、*L. albus* 18系統を供した。各系統の種子は、アマランサスでは農産業振興奨励会より、キノアでは農林水産省生物資源研究所ジーンバンクより、ルーピンでは N. I. Vavilov Research Institute of Plant Industry, St. Petersburg, Russia よりそれぞれ譲渡を受けた。

アマランサスおよびキノアの各系統は1998年4月24日に、育苗用セルトレー(3×3×6 cm)に200個体ずつ播種し、ビニールハウス内で育成した後、5月22日に圃場に定植した。栽植密度は

畝幅70 cm×株間35 cm、各系統あたり15個体×3列、2反復とし、10 aあたりの要素量で窒素3 kg、リン酸4.2 kg、カリウム2.3 kgを施用した。定植後、約1ヶ月間は適宜補植を行い、収穫まで除草および病害虫の防除を行った。ルーピンについては、翌年1999年5月21日に、栽植密度を畝幅75 cm×株間30 cmとし、各系統あたり一列、13個体、反復なし、無施肥、無防除で栽培した。

開花調査は、各プロットあたり中央に位置する個体について行い、全体の半数程度が開花した日を開花日とした。収穫は、各系統の熟期に合わせて、各プロットの中央列の個体について個別に行った。また、アマランサスおよびキノアでは、生育中期(7月7日)における倒伏の害が認められたことから、各系統の折損状況をならびにその後(7月14日)の回復状況を調査した。

結 果

各作物の発芽状況は、キノアを除き、良好であった。キノアの系統「北系CG1号」は、播種2週間後の発芽率が50%程度であったことから、再播種を行った。定植時におけるアマランサスおよびキノアの個体の草丈は5~6 cm程度、葉数はアマランサスで5~6枚、キノアで3~4枚程度であった。定植10日後の生存率は、両作物とも50%程度と低かった。その原因として根の活着が不十分であったことに加え、虫害による切断が認められた。ルーピンの発芽状況は、おおむね良好であったが、一部の系統に *Fusarium* による立枯れにより、死亡個体が認められた。調査した60系統のうち *L. angustifolius* で11系統、*L. luteus* で7系統は、*Fusarium* による枯死または結実不良が顕著であったことから、これらの系統を解析より除外した。

各作物種の開花日数および生育期間を表2に示した。調査した5つの作物種のうち、開花日数は、*L. angustifolius* および *L. albus* で46日ともっとも早く、もっとも遅かったのはアマランサスの92日であった。生育期間は、*L. angustifolius* の80日からキノアの171日まで変異した。とくにキノアでは、収穫を10月17日に行ったが、登熟不良の

表1 供試材料

<i>Amaranthus hypochondriacus</i>			
岩大系	岩手メキシコ	農研セ-6	農産振1号
農研セ19-3	ナイロビ		
<i>Chenopodium quinoa</i>			
北系CG1号			
<i>Lupinus spp.</i>			
<i>L. angustifolius</i> *			
No. 1339	No. 1342	No. 1457	No. 1479
No. 1498	No. 1712	No. 1903	No. 1904
No. 1908	No. 1909	No. 1937	No. 1981
No. 1983	No. 2228	No. 2500	No. 2556
No. 2570	No. 2679	No. 2781	No. 2831
No. 3148	No. 3184		
<i>L. luteus</i> *			
No. 1998	No. 2052	No. 2053	No. 2058
No. 2065	No. 2111	No. 2149	No. 2154
No. 2157	No. 2158	No. 2165	No. 2169
No. 2200	No. 2211	No. 2305	No. 2497
No. 2601	No. 2652	No. 2738	No. 2829
<i>L. albus</i> *			
No. 507	No. 1376	No. 1596	No. 1602
No. 2002	No. 2026	No. 2059	No. 2062
No. 2202	No. 2238	No. 2240	No. 2334
No. 2605	No. 2609	No. 2639	No. 2640
No. 2641	No. 2642		

* 系統名は、パピロフ研における系統番号を示す。

表2 アマランサス、キノアおよびルーピンの5作物種における開花日数、熟期、生育期間

作物名	種名	開花日数		熟期		生育期間	
		平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
アマランサス	<i>A. hypochondriacus</i>	92.67	9.20	48.83	7.22	141.50	14.92
キノア	<i>C. quinoa</i>	84.00	—	87.00	—	171.00	—
ルーピン	<i>L. angustifolius</i>	46.46	2.96	34.00	4.76	80.46	4.70
	<i>L. luteus</i>	56.85	5.26	35.31	9.75	92.15	11.91
	<i>L. albus</i>	45.67	1.33	60.44	3.90	106.11	4.35

—は、計算不能

表3 アマランサス、キノア、ルーピンの5作物種における推定収量

作物名	種名	収量					
		g/plant		kg/10a*		g/100seeds*	
		平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
アマランサス	<i>A. hypochondriacus</i>	61.37	16.57	250.49	67.63		
キノア	<i>C. quinoa</i>	17.3	—	70.61	—		
ルーピン	<i>L. angustifolius</i>	8.14	4.02	36.16	17.86	7.10	1.69
	<i>L. luteus</i>	4.76	2.71	21.18	12.06	8.45	2.69
	<i>L. albus</i>	31.33	6.14	139.25	27.29	23.91	2.73

* 10 a あたりの推定収量は、個体あたりの収量から、生存率100%として計算したものである。

* 100粒重はルーピンの3種のみ測定した。

—は、計算不能

穀粒が認められた。他の作物種は十分に登熟していた。*Lupinus* 属の3種では、*L. albus* の熟期が長く、その登熟は開花日の遅かった *L. luteus* よりも遅かった。

各作物種の個体あたりの収量、10 a あたりの推定収量および *Lupinus* 属の3種については、100粒重を表3に示した。10 a あたりの推定収量は、アマランサスで250 kg ともっとも高く、ついで *L. albus* の収量が高かった(139 kg/10 a)。その他のキノア、*L. angustifolius* および *L. luteus* は、10 a あたりの収量が100 kg 以下の値を示し、低収であった(それぞれ70.6 kg/10 a, 36.2 kg/10 a, 21.2 kg/10 a)。

考 察

今回、調査した作物種のうち、アマランサスおよびキノアは主要イネ科穀物の代替食料として、ルーピンのうち特に *L. angustifolius* はオーストラリアのコムギ輪作体系のなかの一作物として利

用が拡大している。また、ルーピンは、食用のみならず、飼料作物、緑肥作物、油料作物としても利用されており、その利用価値は広範に渡っている。

今回調査した作物種について、日本における栽培適性を調査した例は、アマランサスを除き、あまり報告されていない。アマランサスでは、1992年から1996年の間に、品種「メキシコ」を用いた全国的な収量調査がなされている^{8),18,22)}。それらの報告のうち、本試験と栽植密度が比較的近い試験における10 a あたり収量は、山形県で328 kg(85 cm×30 cm, 1992) および157 kg(85×24 cm, 1993)、秋田県で202 kg(80 cm×25 cm, 1993) および124 kg(90×25 cm, 1994)であった。本研究で得られたアマランサス6系統の平均収量は、これらの値と匹敵していた。

本研究のアマランサス栽培では、個体の倒伏が顕著に認められ、定植個体のうち5%から20%が倒伏した(表4)。このことは、アマランサス栽培において以前から指摘されているが、とくに強風

表4 アマランサ6系統およびキノア1系統における倒伏・折損数および回復状況*

系 統	7月7日		7月14日	
	被害個体数	割合(%)	回復個体数	割合(%)
アマランサス				
岩大系	19	21.1	6	31.6
岩手メキシコ	14	15.6	2	14.3
農研セ-6	4	4.4	0	0
農産振1号	13	14.4	3	23.1
農研セ91-3	15	16.7	1	6.7
ナイロビ	1	1.1	0	0

キノア				
北系CG1号	2	2.2	0	0

* 被害を受けた個体のうち、主茎の先端が起きあがって伸長したもの、あるいは主茎を完全に失ったが、地際に残った脇芽が成長したものを回復個体とした。

の吹く北海道の栽培においては大きな問題となる。これらの問題を解決するため、現在、草丈の低い耐倒伏性系統の利用が試験されている⁹⁾。今後、これらの系統の利用および栽培管理法の確立により北海道での安定栽培が可能になるものと考えられる。

キノアでは、富永・和泉(1997)が長野で行った施肥反応の試験において、本研究と同様に窒素を3 kg 施与した場合、早生系統で約30 kg/10 a、晩生系統で60 kg/10 a程度の収量であったことを報告している¹⁰⁾。本研究で調査したキノアの系統「北系CG1号」の推定収量は、富永・和泉(1997)の結果とほぼ同程度であった。しかしながら、今回供したキノアの系統は、生育期間が長く、当農場の環境下では登熟が充分でなかった。北海道での栽培には、生育期間の短い系統の探査・育成が必要である。また、花粉稔生について調査したところ、不稔花粉の割合が18% (1個体のみ調査)を占め、稔実率も低かった(圃場観察による)。このことから、北海道の環境下における受精効率の向上を検討する必要がある。キノアに特異的な病虫害としてハモグリバエの発生が認められたが、薬剤散布による防除が可能であった。

Lupinus 属の3種では、日本国内で収量調査された事例は認められなかったが、オーストラリアで保存されている *Lupinus* 属遺伝資源の100粒重を調査した結果が報告されている¹⁾。それらの

結果によると、3種の系統あたりの平均値100粒重は、*L. angustifolius* 586系統で11 g(最小値2.9 g, 最大値24.4 g), *L. luteus* 66系統で9.7 g(最小値5.3 g, 最大値15.3 g), *L. albus* 536系統で31.7 g(最小値16 g, 最大値77 g)であった。本研究で調査した *Lupinus* 属3種の系統の100粒重は、Bevanら(1998)の報告した値の範囲内であったが、各種の平均値は、彼らの報告した値を下回った(各種の系統あたりの平均100粒重は *L. angustifolius* で7.1 g, *L. luteus* で8.5 g, *L. albus* で23.9 g)。その原因として、オーストラリアでは秋播種の越冬条件で栽培されていること、無施肥で栽培したこと、*L. angustifolius* および *L. luteus* には根粒の着生が認められなかったこと、*Fusarium* による立枯病が発生したことが考えられる。

ルーピンでは、*Fusarium* による立枯病による被害が大きな問題となった。とくに、*L. angustifolius* および *L. luteus* でその被害が甚大であった。また、*L. albus* では根粒の着生が観察されたが、他の2種では観察されなかった。北海道におけるルーピン栽培では根粒菌の接種が必要なものと考えられる。

以上のように、今回調査した個々の作物種の系統は、それぞれ固有の問題が認められ、アマランサスを除き、必ずしも北海道の環境に適応しているかどうかを判定することは困難であった。しかしながら、育種、系統の探査、栽培管理技術の確立により、栽培期間の短縮、草型の改善、病虫害抵抗性の付加をはかることにより、調査した5種のうち幾つかは、北海道に適応した系統の育成が可能であるものと思われる。

摘 要

現代の作物生産に求められる役割の拡大、多様化から、従来あまり利用なされていなかった作物が注目されている。本研究では、現在栽培が見直されている作物のうち、アマランサス (*Amaranthus hypochondriacus*)、キノア (*Chenopodium quinoa*) およびルーピン (*Lupinus angustifolius*, *L. luteus*, *L. albus*) を取りあげ、北海道における栽培適性を調査した。

調査した5種のうち、アマランサスは十分な収量が得られたが、他の4種は収量が低かった。北海道における各作物の栽培利用には、それぞれ固有な問題が認められ、アマランサスでは耐倒伏性、キノアでは早生化と受精効率、ルーピンでは *Fusarium* に対する抵抗性、根粒の着生が今後の課題となると考えられる。

謝 辞

本研究の遂行にあたり、北海道大学農学附属農場作物グループおよび機械グループの技官の方々にご尽力を頂いた。また、栽培管理・形質調査には北海道大学農学研究科植物資源開発学講座の学部生・大学院生に御協力いただいた。合わせてここに記して謝意を表します。

科学技術振興事業団の山田 実博士には、*Lupinus* 属のロシアからの種子の譲渡においてご尽力を頂いた。また、北海道大学大学院農学研究科の近藤則夫助教授には、*Lupinus* 属の病害の検定を行って頂いた。重ねて御礼申し上げます。

引用文献

1. Bevan, J. B. and W. A. Cowling : Genetic Resources in Lupin *In* : Gladstone, J. S., C. Atkins and J. Hamblim (ed.) *Lupins as Crop Plants: Biology production and utilization*. CAB international : pp.41-51. 1998
2. 千葉友幸 : アマランスのアレルギー代替食への応用食の科学 11月号 : 32-35, 1997
3. Cowling, W. A., C. Huyghe and W. Swiecicki : Lupin Breeding *In* : Gladstone, J. S., C. Atkins and J. Hamblim (ed.) *Lupins as Crop Plants : Biology, production and utilization*. CAB international : pp.93-98. 1998
4. Cox, B. : Marketing and trade *In* : Gladstone, J. S., C. Atkins and J. Hamblim (ed.) *Lupins as Crop Plants: Biology, production and utilization*. CAB international : pp.437-454. 1998
5. Galwey, N. W. : Quinoa and relatives *Chenopodium* spp. (Chenopodiaceae). *In* : J. Smartt and N.W. Simmonds (ed.) *Evolution of Crop Plants : second edition*. Longman Scientific and Technical : pp.41-46, 1995
6. Gladstones, J. S. : Lupins as crop plants. *Field Crop Abstract* 23 : 123-148. 1970
7. Gladstones, J. S. : Distribution, origin, taxonomy, history and importance *In* : Gladstone, J. S., C. Atkins and J. Hamblim (ed.) *Lupins as Crop Plants : Biology, production and utilization*. CAB international : pp.8-16. 1998
8. 本田 裕 : アマランサスの導入から育種へ 育種学最近の進歩第 39 集 : 59-62. 1997
9. 本田 裕・船附稚子・鈴木達郎 : 畑作地帯におけるアマランサスの最適播種期 作物・育種学会北海道談話会 41 : 95-96. 2000
10. 西山喜一 : アマランス研究の意義と現状 食の科学 11月号 : 18-22. 1997
11. Perry, M. W., M. Dracup, P. Nelson, R. Jarvis, I. Rowland and R. J. French : Agronomy and farming system *In* : Gladstone, J. S., C. Atkins and J. Hamblim (ed.) *Lupins as Crop Plants : Biology, production and utilization*. CAB international. pp. 291-338. 1998
12. Prakash, D. and M. Pal : *Chenopodium* : seed protein, fractionation and amino acid composition. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 49 : 271-275. 1998
13. Risi, J. and N. W. Galwey : The *Chenopodium* grains of the Andes' Inca crops for modern agriculture. *Advances in Applied Biology* 10 : 145-216, 1984
14. Sauer, J. D. : Grain Amaranths *Amaranthus* spp. (Amaranthaceae). *In* : J. Smartt and N.W. Simmonds (ed.) *Evolution of Crop Plants: second edition*. Longman Scientific and Technical: pp.41-46, 1995
15. 阪本寧男 : アマランスの栽培と利用—アジアでのセンニンコクとヒモゲイトウの伝播と分布— 食の科学 11月号 : 36-42. 1997
16. 富永 達・和泉孝一 : キノアの生育と収量に及ぼす窒素施用の影響信州大学農学部農場報告 8 : 35-38. 1997
17. Uauy, R., V. Gattas and E. Yanez : Sweet lupins in human nutrition *In* : Simopoulos, A. M. (ed.) *World Review of Nutrition and Dietetics* 77 : pp.75-78. 1995
18. 財団法人農産業振興奨励会 : 「アマランサス」.1990
19. 財団法人農産業振興奨励会 : 平成 3 年度機能性食材生産流通技術実証調査事業実績報告書. 1992
20. 財団法人農産業振興奨励会 : 平成 4 年度機能性食材生産流通技術実証調査事業実績報告書. 1993
21. 財団法人農産業振興奨励会 : 平成 5 年度機能性食材生産流通技術実証調査事業実績報告書. 1994
22. 財団法人農産業振興奨励会 : 平成 6 年度機能性食材生産流通技術実証調査事業実績報告書. 1995

Adaptation of three crops, Amaranthus (*Amaranthus hypochondriacus*), Quinoa (*Chenopodium quinoa*) and Lupinus spp. (*L. angustifolius*, *L. luteus*, *L. albus*) in Hokkaido, Japan.

Toshiyuki HIRATA, Saori OTA, Koichi YOSHIDA and Hiroshi NAKASHIMA

Division of Exploitation and Utilization of Plant Resources

Experiment Farms, Faculty of Agriculture,

Hokkaido University

(Received January 15, 2001)

Summary

Some crops were reconsidered their benefits since the role of crop production was diversified and expanded in recent years. We investigated five speices of three crops, amaranthus (*Amaranthus hypochondriacus*), quinoa (*Chenopodium quinoa*) and lupin (*Lupinus. angustifolius*, *L. luteus*, *L. albus*), for adaptation in Hokkaido, Japan. Yield of the five crop speices in this study were 250.5kg/10a (*A. hypochondriacus*), 70.6kg/10a (*C. quinoa*), 36.2kg/10a (*L. angustifolius*), 21.2kg/10a (*L. luteus*), and 139.3kg/10a (*L. albus*), respectively. For the field observation, we recognized some desirable characteristics of each of the crops for cultivation in Hokkaido. Those are, lodging tolerance (amaranthus), shortening of growing period and improvement of fertility (quinoa), and resistance for *Fusarium* wilt and nodulation (lupin).