肥料条件と倍数性が栽培ソバ2種 (*Fagopyrum* spp.) の脱粒性に及ぼす効果

藤村佳子・大場伸哉*・堀内孝次

(岐阜大学)

要旨：ソバはイネ科作物に比べ脱粒しやすく、収穫時の損失がしばしば問題となる。本研究ではソバ属栽培種の普通ソバ (*F. esculentum* Moench.) とダツタンソバ (*F. tataricum* Gaertner) の2種を用い、脱粒性を調べた。普通ソバとダツタンソバの2倍体品種・系統、4倍体品種・系統を栽培し、抗張強度と小枝直径を測定し、種間、倍数体間の脱粒性を比較した。また、無施肥区と施肥区を設け、肥料条件が脱粒性に与える影響を調べた。その結果、普通ソバとダツタンソバでは普通ソバの方が脱粒し難いことがわかった。最も高い抗張強度を示したのは、普通ソバ4倍体、次いで普通ソバの2倍体、ダツタンソバの4倍体の順で、ダツタンソバの2倍体が最も低かった。また、最も太い小枝直径を示したのは普通ソバ4倍体で、以下抗張強度と同じ順番であった。断面積強度はダツタンソバが普通ソバよりも高い値を示した。また、同一種内では倍数体間に差がみられなかった。施肥の脱粒性に与える影響は少なく、有意差はなかった。以上のことから、普通ソバがダツタンソバよりも脱粒し難く、4倍体が2倍体よりも脱粒し難いことがわかった。また、断面積強度では、種間に差が見られ、倍数体間には差が見られなかったことから、ダツタンソバと普通ソバの間に小枝の何らかの質的差異があることが示唆された。

キーワード：ダツタンソバ、脱粒性、2倍体、普通ソバ、4倍体。

イネやムギ等の多くの作物では、野生種から栽培種へと進化する過程でいくつかの形質が変化した。その一つに、脱粒性があげられ、栽培種では収穫対象物である種子が親植物体から脱粒し難くなっている。しかし、イネ科作物と同様に子実を利用するソバ属 (*Fagopyrum* spp.) 作物に関しては、イネやムギに比べ脱粒しやすいことが知られている。ソバ属の栽培種には、普通ソバ (*F. esculentum* Moench.) とダツタンソバ (*F. tataricum* Gaertner) があり、原産地に近い東アジアを中心に、世界各地で広く栽培されている (俣野 1990)。普通ソバは日本でも古来より栽培されており、近年ではヨーロッパや北アメリカでも栽培されている。一方、ダツタンソバはヒマラヤ周辺諸国の標高の高い地方で栽培されており、この地方の山間地農業の主要作物である (吉田ら 1997)。ダツタンソバは血圧調整作用を持つルチンを普通ソバの約100倍も含み、健康食品として注目され始めている (Kitabayashi ら 1995 a, b)。

ソバは無限伸育性の作物であるため、栄養生長と生殖生長を同時期に行う。つまり、同一個体内に様々な生育段階の種子が混在し、早く開花・結実した種子が登熟し終わる一方で、遅く開花する花房もある。この開花習性がソバの収穫時期の決定を難しくしており (足立ら 1999)、実際の収穫作業は種子が登熟し、その果皮が黒色に変化することを目安に行われる。経験的に全体の7割～8割の種子が黒化したときに収穫するのがよいとされている。しかし、この時期に収穫を行ったとしても、機械収穫では、脱粒によって40～50%もの収量損失が生じることがある (Lee ら 1996)。このため、ソバを効率的に収穫するうえで、脱粒性の解決が重要な課題である。ところが、ソバの脱粒性に関する詳細な研究は少ない。ソバの脱粒に関わる諸形質、また脱粒の機構を研究することは、脱粒し難く、収穫に適

した品種を育成するために必要である。Oba ら (1999) は普通ソバよりもダツタンソバの方が脱粒しやすく、また普通ソバの中でも2倍体品種に比べ、4倍体品種が脱粒し難いことを報告している。しかし、Oba ら (1999) の供試した4倍体品種は、その育成過程で脱粒難の方向に選抜された可能性がある。そこで本研究では、普通ソバ品種とともに独自に育成したダツタンソバ4倍体系統を用い、種ならびに倍数体間での脱粒性程度の差異を調べた。ダツタンソバを用いた理由の一つは、本種が自殖性のため、系統の維持・管理が他殖性の普通ソバに比べ容易なためである。脱粒性程度が栽培条件に影響される程度を明らかにする目的で、普通ソバとダツタンソバの異なる倍数体を用いて、異なる肥料条件での脱粒性程度の差異を比較した。

材料と方法

普通ソバは信濃1号と信濃1号の人為的同質4倍体品種である信州大そば、宮崎在来と宮崎在来の人為的同質4倍体品種のみやざきおつづを用いた。ダツタンソバは宮崎大学から分譲された2倍体系統と、これをコルヒチンで4倍体化した系統を用いた。ダツタンソバの4倍体系統は、次の手順で育成した。1997年に1個体の2倍体ダツタンソバに由来する約20個体の幼植物にコルヒチン処理を行った。コルヒチン処理した個体を自殖し、得られた種子のうち粒の大きい20粒をD₁世代としてポット栽培した。D₁世代の20個体は、すべて2倍体母系統に比べ大きな種子を結実した。D₁世代20個体から1個体当たり5粒の種子 (D₂世代種子) を選び、1998年秋に合計100個体を圃場で栽培した。台風の被害を受けたため、生育が比較的良好であった42個体から種子を採種した。D₂世代の42個体は、生育が比較的類似し、また種子サイズは2倍体系統

第1図 抗張強度と小枝直径の経時的変化。

左図：抗張強度。右図：小枝直径。

に比べ1個体を除きすべて大きかった。そこで、種子サイズの大きかった41個体の中で生育が中庸な植物を1個体選び、そのD₃世代種子を4倍体系統として本研究に供試することにした。この供試系統については、根端細胞の染色体数を押しつぶし法で調査するとともにフローサイトメトリーにより核当たりDNA量を測定することで4倍体であることを確認した(未発表)。なお、本研究で用いた2倍体系統と4倍体系統の2倍体母本個体は、同一個体に由来し遺伝的背景は近似している。

1999年8月23日、普通ソバ4品種とダッタンソバ2系統をシャーレに播種し、発芽後、プランター(29×15×9 cm)に移植し、ガラス室内で栽培した。栽植密度は1プランター当たり5個体となるように育て、各処理区を1プランターずつ設け、ランダムに配置した。測定は個体毎に行い、5個体の平均値をとった。栽培に用いた土壌は肥料成分の乏しい山土を用い、肥料は、基肥として液肥(ハイポネックス, 6.5-6-19)を窒素量が2.5 g m⁻²となるように与えた。肥料実験は上記のように施肥した施肥区と山土のみの無施肥区を設け、比較栽培した。

小花毎に開花日を調査し、開花後5日間隔に、品種・系統・処理区当たり3個の小花・種子を小枝ごと採取し、各々の小枝の抗張強度、直径、生鮮種子重、乾燥種子重を経時的に測定した。脱粒性の指標として抗張強度と抗曲強度がしばしば用いられるが、ソバでは抗張強度と抗曲強度の間に高い正の相関があったため(大場ら 1997)、本研究では抗張強度のみを測定した。小枝の抗張強度はデジタルフォースゲージ(エー・アンド・ディ製, AD-4937-5 N)を用い、大場ら(1997)の方法に従い測定した。小枝直径はデジタルマイクロメータ(NSK製)を用いて測定した。さらに、小枝の断面が正円であると仮定して、小枝直径から小枝の断面積を推定し、単位面積当たりの抗張強度を断面積強度として算出した。

結 果

普通ソバ、ダッタンソバ、各々の倍数体間での違いを評

価するため、普通ソバ2倍体2品種の平均値、普通ソバ4倍体2品種の平均値、ダッタンソバ2倍体1系統の値とダッタンソバ4倍体1系統の値とともに示した(第1図)。全品種・系統とも、開花後徐々に抗張強度が上昇し、開花後25日目を頂点として、その後低下した。しかし、品種・系統間に大きな差が見られ、普通ソバの4倍体品種が最も高い抗張強度を示し、次いで普通ソバの2倍体品種、ダッタンソバの4倍体系統、最も低い値を示したものはダッタンソバの2倍体系統であった。普通ソバ種内で比較すると、開花後25日目では4倍体品種が2倍体品種よりも約300 mN強かった。また、ダッタンソバ種内でも開花後25日目の抗張強度は4倍体系統が566 mNの値を示したのに対し、2倍体系統が260 mNの値を示し、4倍体系統は2倍体系統の約2倍の値であった。

小枝直径をみると、最も太かったのは、普通ソバ4倍体品種で、次いで普通ソバ2倍体品種、ダッタンソバ4倍体系統の順で、最も細かったのはダッタンソバの2倍体系統だった(第1図)。両種とも2倍体と4倍体との間では、0.01~0.015 mm程度の差が見られた。普通ソバの2倍体品種とダッタンソバの2倍体系統の間には約0.045 mmの差があり、普通ソバはダッタンソバより約2.4倍の太さであった。種内での差は小さく、全体として普通ソバがダッタンソバよりも太い傾向があった。

断面積強度はダッタンソバが普通ソバよりも高い値を示した(第2図)。両種の断面積強度は開花後10日目まで減少し、開花後20日目から25日目にかけて増加し、開花後30日目にかけて再び減少する傾向を示した。普通ソバ、ダッタンソバの両種において、2倍体と4倍体の倍数体間に有意な差は見られなかったが、普通ソバとダッタンソバの間には120~230 MNm⁻²程度の有意な差がみられた(第1表、第2図)。

施肥に対する普通ソバ、ダッタンソバの反応を見るために、無施肥区での普通ソバ4品種の平均値とダッタンソバ2系統の平均値をそれぞれ1とし、施肥区での両種の生育を相対比較した(第3図A)。施肥による効果は、普通ソ

バの地上部乾物重に顕著にあらわれた。また、脱粒性の指標である抗張強度では、ダットンソバが普通ソバよりも施肥によく反応した。しかし、草丈、小枝直径、断面積強度については、施肥による効果が見られなかった。施肥に対する倍数体間での反応を見るために、無施肥区での普通ソバとダットンソバの2倍体2品種・1系統と4倍体2品種・1系統の平均値をそれぞれ1とし、施肥区での2倍体と4倍体の生育を相対比較した(第3図B)。その結果、施肥による効果は、2倍体品種・系統の地上部乾物重と抗張強度で顕著に表れた。また、4倍体品種・系統で施肥に反応した形質は、地上部乾物重だけであった。

抗張強度・小枝直径・断面積強度について、品種間・施肥処理・開花後日数間の3つの要因で三元配置分散分析を行った(第1表)。開花後日数では反復のそろっていた開花後0日目・20日目・25日目・30日目の4日間について分析した。種間および品種間では、抗張強度・小枝直径・断面積強度の3つの形質において有意な差が認められた。特に普通ソバとダットンソバの種間で大きな差が認められた。同一種の倍数体間で比較してみると、普通ソバでは小枝直径、ダットンソバでは抗張強度と断面積強度に有意差がみられた。施肥処理が脱粒性に与える影響は小さかった。

第2図 断面積強度の経時的変化。

考 察

ソバと同様に子実を利用するイネでは、籾の基部に形成される離層組織が重要な役割を果たす(陳 1986)。しかし、ソバでは野生種において離層が認められるが、栽培種には離層組織が形成されない(Obaら 1998)。このため、ソバの脱粒は離層組織以外の要因、例えば小枝の太さなどによるものと考えられる。ソバの小枝直径を比較すると、最も太かったものは普通ソバの4倍体で、次いで普通ソバ2倍体、ダットンソバ4倍体、ダットンソバ2倍体の順序であった(第1図)。Obaら(1999)は、普通ソバの4倍体品種の抗張強度と小枝直径が、2倍体品種よりも

第3図 各形質の無施肥区を基準とした施肥区の相対値。

相対値＝施肥区形質値/無施肥区形質値。

A：施肥反応の種間差異。B：施肥反応の倍数体間差異。

第1表 品種・施肥・開花後日数の3因子による分散分析。

要因	自由度	F値		
		抗張強度	小枝直径	断面積強度
種・品種間	3	55.99 **	289.67 **	39.01 **
種間	1	147.05 **	833.38 **	107.21 **
普通ソバ 倍数体間	1	2.53	7.29 **	0.57
ダットンソバ 倍数体間	1	18.40 **	2.37	12.02 **
施肥処理間	1	3.21	0.72	0.16
開花後日数間	3	117.83 **	211.03 **	6.70 **
品種×施肥	3	0.73	2.81 *	0.67
品種×開花後日数	9	7.57 **	18.31 **	1.09
施肥×開花後日数	3	0.35	1.51	1.77

*, **: 5%, 1%水準で有意。

大きい値を示すことを報告した。この結果は染色体が倍化すると、小枝が太くなり、脱粒し難くなることを示すと考えられる。しかし、供試した材料の4倍体品種は、その育成過程で人為選抜が働いた可能性があった。このため、倍化による脱粒性程度の変化を確認するために、本研究では独自に育成したダットンソバ4倍体系統を用い実験を行った。その結果、ダットンソバの4倍体でも脱粒し難くなった。このことは、倍数体化が普通ソバ、ダットンソバの脱粒性の改良に寄与することを示す。

一方、普通ソバ2倍体品種の抗張強度は、ダットンソバ4倍体系統よりもわずかに強いだけであったが、普通ソバ2倍体の小枝直径はダットンソバ4倍体の約2倍の太さであった。このことは、小枝直径に差があっても、その差が単純に抗張強度の違いに結びつかないことを示す。そこで、断面積強度を推定し、小枝の単位面積あたり強度を比較した。その結果、普通ソバとダットンソバの種間で、断面積強度が大きく異なり、ダットンソバの方が普通ソバよりも強かった。一方、同一種内では、断面積強度の倍数体間での差は小さかった(第2図)。この結果は、普通ソバとダットンソバの間に、小枝の強度に影響を与える何らかの質的な違いがあることを示唆する。多くの植物では、細胞壁中のセルロース、リグニン、フコース含量などの差が茎の強度に影響するとの報告がある(河野ら 1961, Reiterら 1993, Shedletzkyら 1992)。ソバの小枝強度についても、細胞壁成分の差が影響する場合のあることが考えられる。

本研究では脱粒性に関係のある抗張強度、小枝直径、断面積強度の施肥反応は小さかった。しかし、施肥に対する諸形質の反応は種・倍数体間で異なった。すなわち、普通ソバとダットンソバで比較すると、普通ソバでは施肥による抗張強度の変化が小さかったが、ダットンソバでは施肥により抗張強度が高くなった。また、2倍体と4倍体の倍数体間で比較すると、2倍体が地上部乾物重、抗張強度において施肥によく反応した。Obaら(1999)は6月播種と9月播種の栽培で、脱粒性程度に差があることを報告した。また、圃場栽培で得られた普通ソバ4倍体品種の抗張強度は約700 mN、2倍体品種では約300 mNで、ポット栽培で行った本研究の結果より約200 mNほど低い傾向があった。これらのことはソバの脱粒性程度が環境条件に影響されることを示唆する。しかし、本研究では肥料条件が脱粒性程度に及ぼす影響は小さく、脱粒性に影響する環境要因は不明のままである。脱粒性と環境要因との関係についてさらに追求する必要がある。

本研究では、普通ソバとダットンソバの4倍体品種・系統が2倍体品種・系統よりも脱粒し難いことがわかった。これは主に、小枝が太くなったためで、小枝が質的に変化し、強度が増したためではなかった。しかし、種間では小枝の強度に関わる要因に質的な差があることが推察され

た。普通ソバの4倍体品種は瘦果の果皮が厚く、製粉時の歩留りが2倍体品種に比べ低いため、製粉業者には好まれないといわれる。このため、2倍体品種の脱粒性の改良は、小枝の直径を大きくするとともに、小枝の質的改良によって達成できると考えられた。

謝辞 本研究の遂行にあたり、ダットンソバの種子を分譲していただいた宮崎大学農学部の足立泰二教授に厚く御礼申し上げます。

引用文献

- 足立泰二・相井城太郎・長野美緒 1999. 最近におけるソバの育種研究とその展望：第7回国際ソバシンポジウム(カナダ・マニトバ州)での議論を踏まえて。育種学研究 1: 91—95.
- 河野通佳・高橋治助 1961. 稈の強さと化学成分との関係について。土肥誌 32: 149—152.
- Kitabayashi, H., A. Ujihara, T. Hirose and M. Minami 1995a. Varietal differences and heritability for rutin content in common buckwheat, *Fagopyrum esculentum* Moench. Breed. Sci. 45: 75—79.
- Kitabayashi, H., A. Ujihara, T. Hirose and M. Minami 1995b. On the genotypic differences for rutin content in tartary buckwheat, *Fagopyrum tataricum* Gaertn. Breed. Sci. 45: 189—194.
- Lee, J.H., W. Aufhammer and E. Kubler 1996. Produced, harvested and utilizable grain yields of the pseudocereals buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench), quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) as amaranth (*Amaranthus hypochondriacus* L. A. hybridus L.) as affected by production techniques. Bodenkultue 47: 5—14.
- 俣野敏子 1990. ソバに関する最近の研究 —世界の動向—. 日作紀 59: 582—589.
- 大場伸哉・鈴木祐介・藤本文弘 1997. ソバ属2種の脱粒性関連形質の種・品種間差異. 岐阜大学農研報 62: 7—13.
- Oba, S., A. Ohta and F. Fujimoto 1998. Grain shattering habit of buckwheat (*Fagopyrum* spp.). In Campbell C. and R. Przybylski ed., Advances in Buckwheat Research, Winnipeg, Canada. 70—75.
- Oba, S., A. Ohta and F. Fujimoto 1999. Breaking strength of pedicel as an index of grain-shattering habit in autotetraploid and diploid buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench.) cultivars. Plant Prod. Sci. 2: 190—195.
- Shedletzky, E., M. Shmuel, T. Trainin, S. Kalman and D. Deborah 1992. Cell wall structure in cells adapted to growth on the cellulose-synthesis inhibitor 2, 6-dichlorobenzonitrile. Plant Physiol. 100: 120—130.
- 陳日斗 1986. 水稻の糊離脱部位に形成される離層組織の発達について。日作紀 55: 451—457.
- Reiter, W.D., C.C.S. Chapple and C.R. Somerville 1993. Altered growth and cell walls in a fucose-deficient mutant of *Arabidopsis*. Science. 261: 1032—1035.
- 吉田実・根本和洋・氏原暉男・俣野敏子・ビマール K バニヤ 1997. ネパール山岳地帯の農耕システムにおけるソバ栽培現状とその重要性. 熱帯農業 41: 151—161.

Effects of Fertilization and Poliploidy on Grain Shedding Habit of Cultivated Buckwheats (*Fagopyrum* spp.):Yoshiko FUJIMURA, Shinya OBA and Takatsugu HORIUCHI (*Fac. of Agr. Gifu Univ., Gifu 501-1193*)

Abstract: Cultivated buckwheats (*Fagopyrum* spp.) show an easy grain shedding habit, which is known to cause heavy yield loss. In this study, the grain shedding habit was compared among diploids and tetraploids of common buckwheat (*F. esculentum* Moench.) and tartary buckwheat (*F. tataricum* Gaertner). The breaking tensile strength of pedicel and the pedicel diameter were measured as indices of grain shedding habit. The effect of fertilizer application on the grain shedding habit of the above strains was also investigated. The breaking tensile strength was higher in the common buckwheat than in the tartary buckwheat. The breaking tensile strength was in the descending order of tetraploid common buckwheat, diploid common buckwheat, tetraploid tartary buckwheat and diploid tartary buckwheat. A similar trend was observed in pedicel diameter. The breaking tensile strength per sectional area of a pedicel was higher in the tartary buckwheat than in the common buckwheat, but no difference was observed between diploids and tetraploids within the species. Thus, some qualitative differences in pedicels between the two species were suggested. The fertilizer application had no significant effect on the grain shedding habit.

Key words: Common buckwheat, Diploid, Grain shedding habit, Tartary buckwheat, Tetraploid.

書 評

「稲にこだわる」渡部忠世 著. 小学館, 東京. 2000 年, 206 頁, 1890 円.

「今日のわが国の農業や農村を考えてみると、**「衰弱」**という言葉が最も的確にその状態を表現していると思うことが多い。…」, 「…これ(農業や林業)をなんとか蘇生させないかぎり、この国のひずみはどうしようもないのではないか。そんな焦燥の気持ちがこの書物を私に書かせた基本にある。…」と、出版された「農は万年、亀のごとし」。それから4年の時が流れた。農業の状況はどうなったのか、米不足、米の自由化にゆれたときの人々の関心はどうなったのか。

著者は農業の状況はただ生産者である農民ばかりではなく、都市生活者である消費者によっても作り上げられることを指摘し、消費者がきちんと農業のことを理解することは不可欠と考えている。その根本が、「農を貴し」とし「農にこだわる」ことであり、日本の場合「稲にこだわる」ことであると説かれる。本書は、そのような啓発的活動の足跡ともいえる。

本書は3章からなっており、解説によれば半分ほどは新聞や雑誌に掲載されたものを今回増補加筆したものである。第1章は「稲のある農の風景—アジアと日本」と題され、主に都市に住む人たちが新しい関心や視野を広げることを望んだものだ。第2章は「生き残りうる世界—もう1つの視角」と農業蘇生の理論と実践例をわかりやすく解説する。第3章では谷川健一氏と姫田忠儀氏との対談が収められている。前半の2章は、ミャンマー、タイ国などアジアの国々、そして日本の農村の変化を実際に歩いた経験から書かれている。農村の変化はどれもよい方向に向かっていとは言えない中で、農そして稲作への視線は熱く鋭い。最後の対談では、著者の思想的背景が随所に見られ、このような経験から「稲にこだわる」理由が一段とわかるようになっている。

前掲書で「アナクロニズムとの批判を受けるにちがいない。」と述べられた、「農を貴し」とする心の主張は、半世紀にわたる著者の貴重な経験からごく自然に起こり、「稲にこだわる」ことに導かれる。農業そして稲作に関わる者にとって、さらに一般の人々にとっても、生きる根本を考えると多くの示唆を与えてくれる本である。どの章も深い洞察に基づいた内容なのであるが、とてもわかりやすく、安心して読める。いつでも手に取る本が、一冊増えた。

(岡山大学 津田誠)