研究・技術ノート

水稻糯品種栽培における穂肥窒素の施用と移植期及び品種の違いが餅の硬化性に与える影響

石崎和彦・金田智・松井崇晃

(新潟県農業総合研究所作物研究センター)

要旨： 糯米の多くは加工された後に流通することから、加工適性が重要視される。切り餅やあられの製造では、餅つきから切断または包装までの時間短縮のため、硬化性の優れた糯米、即ち餅つき直後の生地を冷却したときに速やかに硬化する糯米が求められる。そこで、水稻糯品種の栽培条件と加工適性の関係を明らかにする目的で、穂肥窒素の施用と移植期及び品種の違いが餅生地の冷却後の硬さ（硬化度）に与える影響を調査した。その結果、穂肥窒素の施用は硬化度に与える影響が小さなことが明らかであった。しかし、穂肥窒素の施用と品種との間に交互作用が認められ、“わたぼうし”は窒素施用量の増加にともない硬化度が低下し、“こがねもち”は増大した。一方、移植期の早晚及び品種の違いによって硬化度に有意な差が認められ、それぞれの寄与率は6.4%及び81.0%であった。これに符合して、移植期の15日の遅れにより硬化度が 0.90 kg cm^{-2} 低下し、品種間では“わたぼうし”が“こがねもち”よりも 3.10 kg cm^{-2} 低い値を示し、硬化度は品種の違いに大きく依存することが明らかであった。以上のことから、加工適性の優れた糯米を生産するためには、品種の選択を最も重視し、さらに、登熟気温が高まるように移植期を早めることが望ましい。また、穂肥窒素の施用は品種によって反応が異なるものの、移植期及び品種の違いに比べて硬化度に対して大きな影響を与えないことから、食味を低下させない範囲内で多収を目指した栽培が可能と思われる。

キーワード： 加工適性、硬化度、水稻、餅、糯米。

糯米は、米菓や和菓子などの材料として、また、正月の鏡餅、祝いの席の赤飯など神事や祭事に古くから利用されており、欠かすことのできない食材の一つである。糯米は粳米と異なり食品工場加工された後に流通することが多く、加工適性が重要視される（柳瀬ら 1982b）。餅類の代表的な商品である切り餅やあられの製造において、餅つき直後の生地を冷却したときに速やかに硬化する糯米は、切断または包装行程までの冷蔵時間が短縮でき、製造コストが低く抑えられることから、加工適性が高いと評価される（赤間・有坂 1992）。餅の硬化性は、食品加工の面から原材料としての糯米の製造特性の評価（柳瀬ら 1982a, 江川・吉井 1990）及び、水稻糯品種の品種改良の立場から硬化性に基づいた選抜手法の開発（石崎ら 1995, 松江ら 2002, Kobayasi ら 2003, 佐藤ら 2005）について研究され、移植期の早晚による登熟気温の差及び品種の違いによって変動することが確認されている。これまで新潟県においては、硬化性が高いとされる“わたぼうし”（佐々木ら 1996）及び“こがねもち”（五十嵐ら 1959）が主に加工原材料として使用されてきた。これらの品種について、さらに硬化性を高めるための栽培方法が確立されれば、実需者の求める優れた加工適性を備えた原料米の安定的な供給が可能となる。そこで、水稻栽培において重要な管理技術の一つである施肥、特に、産米の収量や成分などの特性に大きく関わる穂肥の施用と硬化性との関係に重点を置いて試験を行った。本報では、餅の硬化性に与える穂肥窒素の施用量の影

響と、移植期の早晚及び品種の違いによる影響も併せて調査し、加工原材料となる糯米を生産するにあたり参考となる知見を得たので報告する。

材料と方法

供試品種は、新潟県的水稻糯奨励品種である早生の“わたぼうし”及び中生の“こがねもち”の2品種とした。石崎ら（1996）の分類によれば、糯品種の硬化性を極硬～極軟の7段階で評価したとき、“わたぼうし”及び“こがねもち”は、それぞれ“硬”及び“極硬”に区分される。移植期は、5月10日（4月9日播種）及び5月25日（4月29日播種）の2水準に設定した。第1表に示すとおり、早植の登熟温度（出穂期から刈り取り日までの日平均気温の和を登熟日数で除して算出）は遅植に比べて、“わたぼうし”で 1.1°C 、“こがねもち”で 0.9°C 高かった。穂肥窒素量は、0、2及び 4 g m^{-2} の3水準とし、出穂期の18日及び8日前の2回に分けて施用した。試験は2反復の乱塊法とした。

その他の耕種概要は、以下のとおりに設定した。即ち、栽植様式は倒伏の影響を回避するために一般の栽培よりも

第1表 移植期ごとの供試品種の平均登熟温度。

移植期	登熟温度($^{\circ}\text{C}$)	
	わたぼうし	こがねもち
5月10日	26.2	25.5
5月25日	25.1	24.6

株間を広くとり、株間 30 cm、条間 30 cm の 1 株 3 本植え、1 区あたり 64 株とした。基肥は、窒素、リン酸及びカリウムを各 4 g m^{-2} 施用した。防除は、地域の慣行（新潟県農林水産部 1996）に従い実施した。収穫は、黄化した籾の割合が 90% 程度になった時期を目安とし、1 区あたり 20 株を刈り取り、乾燥後に脱穀すりし、1.85 mm の篩いで選別して精玄米重及び千粒重を求めた。生育及び収量調査の詳細は、調査基準（新潟県農林水産部 1997）に従った。試験は新潟県作物研究センター（長岡市）において 2001 年に実施した。

餅の硬化度の測定は、石崎 (1994) の方法に準じた。即ち、水で練った糯米粉（水分 52%）を円筒形の型（直径 25 mm、高さ 10 mm）に充填後、型ごと茹でて餅生地を調製した。餅生地は、5°C で 24 時間冷蔵した後、テンシプレッサー（プランジャー直径 10 mm、貫入深 3.5 mm）で硬さを測定し、単位面積当たりの応力を求め硬化度とした。白米蛋白質含有率は、玄米を縦型精米機（TP30：山本製作所製）で 90% を目安に搗精後、粉碎（サイクロンサンプルミル：UDY 社製）し、近赤外分光分析計（HON6250：ニレコ社製）にて測定した。なお、白米蛋白質含有率については、逆正弦変換（山村 2002）ののち分散分析を行った。

結果と考察

第 2 表に主要特性の分散分析の結果を示す。硬化度及び精玄米重以外の特性値は、いずれも要因間の交互作用に有意性が認められなかったため、誤差に組み入れて、再度、検定した。

穂肥窒素の施用においては、精玄米重、白米蛋白質含有率、稈長、穂長及び千粒重に 1% 水準、出穂期に 5% 水準で有意な差が認められ、硬化度、成熟期及び穂数には有意差が認められなかった。精玄米重及び白米蛋白質含有率における穂肥窒素量の寄与率は、それぞれ 29.0% 及び 76.5% を示し、穂肥窒素量の多少は、収量性及び産米の成分に大きな影響を与えることが明らかであった。穂肥窒素の施用が関係する交互作用は、硬化度については品種との間に 5% 水準で、精玄米重については移植期との間に 5%、品種との間に 1% 水準で有意性が認められた。これらのうち、硬化度に見られた品種との間の交互作用は後に詳述するが、精玄米重については結果を述べるにとどめる。即ち第 1 図及び第 2 図に示すように、5 月 10 日の移植は 5 月 25 日の移植に比べて穂肥窒素による増収効果が低いこと、“わたぼうし” は“こがねもち” に比べて穂肥窒素による増収効果が高いことが認められた。

移植期の早晚においては、硬化度、精玄米重、出穂期、成熟期、稈長、穂数、及び千粒重に 1% 水準、穂長に 5% 水準の有意差が認められ、白米蛋白質含有率に有意差は認められなかった。移植期の早晚は、精玄米重、出穂期、成熟期及び穂数において、それぞれ 31.6%、78.0%、81.7% 及び 38.2% の大きな寄与率を示し、生育量と収量性に大

第 2 表 主要特性の分散分析表。

特性項目	要因	自由度	分散比	寄与率 (%)
硬化度 (kg cm^{-2})	穂肥窒素量 (A)	2	0.1 ns	0.0
	移植期 (B)	1	17.4 **	6.4
	品種 (C)	1	207.7 **	81.0
	反復 (D)	1	2.7 ns	0.7
	A×C 交互作用	2	5.5 *	3.6
	誤差	16		11.9
精玄米重 (g m^{-2})	穂肥窒素量 (A)	2	20.8 **	29.0
	移植期 (B)	1	44.0 **	31.6
	品種 (C)	1	12.0 **	8.0
	反復 (D)	1	0.1 ns	0.0
	A×B 交互作用	2	5.4 *	6.5
	A×C 交互作用	2	6.8 **	8.6
白米蛋白 (%)	穂肥窒素量	2	41.4 **	76.5
	移植期	1	3.5 ns	2.4
	品種	1	0.9 ns	0.0
	反復	1	0.5 ns	0.0
	誤差	18		21.2
出穂期 (月日)	穂肥窒素量	2	4.9 *	0.1
	移植期	1	5316.5 **	78.0
	品種	1	1472.7 **	21.6
	反復	1	1.6 ns	0.0
	誤差	18		0.3
成熟期 (月日)	穂肥窒素量	2	1.4 ns	0.0
	移植期	1	11975.2 **	81.7
	品種	1	2664.5 **	18.2
	反復	1	0.5 ns	0.0
	誤差	18		0.2
稈長 (cm)	穂肥窒素量	2	11.4 **	1.9
	移植期	1	12.2 **	1.0
	品種	1	1027.1 **	94.9
	反復	1	1.2 ns	0.0
	誤差	18		2.1
穂長 (cm)	穂肥窒素量	2	9.4 **	8.1
	移植期	1	8.1 *	3.4
	品種	1	159.6 **	76.6
	反復	1	2.5 ns	0.7
	誤差	18		11.1
穂数 (本 m^{-2})	穂肥窒素量	2	2.2 ns	3.7
	移植期	1	26.3 **	38.2
	品種	1	8.2 *	10.9
	反復	1	9.4 **	12.6
	誤差	18		34.7
千粒重 (g)	穂肥窒素量	2	21.4 **	12.3
	移植期	1	13.3 **	3.7
	品種	1	256.2 **	77.3
	反復	1	0.1 ns	0.0
	誤差	18		6.7

*及び**は、それぞれ5及び1%水準で有意差あり。
nsは有意差なし。

第 1 図 穂肥窒素の施用量と移植期が示す精玄米重への影響。
同一英文字間に 5% 水準 (Tukey) で差なし。

第2図 穂肥窒素の施用量と品種が示す精玄米重への影響。
同一英文字間に5%水準 (Tukey) で差なし。

きな影響を及ぼすことが明らかであった。

品種の違いでは、硬化度、精玄米重、出穂期、成熟期、稈長、穂長及び千粒重に1%水準、穂数に5%水準の有意差があり、白米蛋白含有率には有意差は認められなかった。また、硬化度、出穂期、成熟期、稈長、穂長及び千粒重の寄与率は、それぞれ81.0%、21.6%、18.2%、94.9%、76.6%及び77.3%と算出された。このことは、“わたぼうし”は“こがねもち”に比べて硬化性が低く、早生熟期、短稈、長穂及び大粒というこれまでに確認されている品種特性から矛盾なく説明される結果であった。

前述の3つの要因が硬化度に与える影響の大きさを寄与率から推測すると、品種の違いが一番大きく81.0%、次いで移植期の早晩が6.4%を示し、穂肥窒素の施用量には寄与率が認められなかったことから、硬化度は、品種の違いに大きく依存し、次いで移植期の早晩に左右されと考えられた。石崎ら (1996) によれば“わたぼうし”と“こがねもち”は、全国で栽培される78の糯品種の硬化性を7段階に区分したとき、それぞれ“硬”及び“極硬”に分類され、僅か1ランクの差と報告されている。従って、本

試験において認められた81.0%の寄与率は、供試品種の硬化性が大きく異なる結果生じた過大な値ではないと考えられ、穂肥窒素の施用量、移植期の早晩及び品種の違いが硬化度に与える影響についての評価は適正と推察される。

第3表に穂肥窒素の施用量、移植時期の早晩及び品種の違いが主要特性に与える効果を示す。分散分析で1%及び5%水準の有意性が認められた特性項目について、穂肥窒素の施用量が 1 g m^{-2} 増加したときの変化量を求めると、精玄米重は 16.2 kg m^{-2} の増収 (算出方法: $(32.2 - (-32.4)) \div 4$)、同様の算法で、白米蛋白含有率は0.27%の増大、出穂期は半日程度の遅れ、稈長は0.85 cmの増大、穂長は0.38 cmの増大、千粒重は0.18 gの増大となった。穂肥の増加に伴い、生育が旺盛となり、穎花の退化が抑制され、登熟歩合が向上し、登熟後半まで肥効が持続して産米の白米蛋白含有率が高まった結果と推察される。

移植期の15日の遅れに伴い、硬化度は 0.90 kg cm^{-2} の低下 (算出方法: $-0.45 - 0.45$)、精玄米重は 54.4 g m^{-2} の減収、出穂期は10日の遅れ、成熟期は14日の遅れ、稈長は2.0 cmの短縮、穂長は0.8 cmの短縮、穂数は28.4本 m^{-2} の減少、千粒重は0.4 gの低下となった。これらの特性の変化は、これまで得られている水稻の栽培に関する一般的な知見と符合し、移植時期の遅れによる生育量の減少に起因したものと思われる。

品種間では、“わたぼうし”は“こがねもち”に比べて、硬化度が 3.10 kg cm^{-2} 低く (算出方法: $-1.55 - 1.55$)、精玄米重が 28.2 kg m^{-2} の少収、出穂期が6日早く、成熟期が8日早く、稈長が18.6 cm短く、穂長が3.6 cm長く、穂数が16.0本 m^{-2} 多く、千粒重が1.6 g大きく、これまで報告されている“わたぼうし” (佐々木ら 1996) 及び“こがねもち” (五十嵐ら 1959, 石崎ら 1995) の品種特性が反映されている。

餅の加工適性に影響を与える硬化度についてまとめると、品種間差 (3.10 kg cm^{-2}) は、移植期の15日の遅れにより生じた硬化度の変化 (0.90 kg cm^{-2}) を大きく上回り、硬化度は移植期の早晩よりも品種の違いに大きく依存する

第3表 穂肥窒素の施用量、移植期の早晩及び品種の違いが主要特性に与える効果。

特性項目	総平均	要因の効果								
		穂肥窒素量 (g m^{-2})			移植期			品種		
		0	2	4	5月10日	5月25日	有意性	わたぼ	こがね	有意性
硬化度 (kg cm^{-2})	8.48	-0.06	0.03	0.03	0.45	-0.45	**	-1.55	1.55	**
精玄米重 (g m^{-2})	542.4	-32.4 a	0.1 ab	32.2 b	27.2	-27.2	**	-14.1	14.1	*
白米蛋白 (%)	6.37	-0.54 a	0.00 b	0.54 c	-0.09	0.09	ns	-0.05	0.05	ns
出穂期 (月日)	7月27日	-1 a	0 ab	1 b	-5	5	**	-3	3	**
成熟期 (月日)	9月4日	0	0	0	-7	7	**	-4	4	**
稈長 (cm)	84.0	-1.8 a	0.2 b	1.6 b	1.0	-1.0	**	-9.3	9.3	**
穂長 (cm)	19.6	-0.8 a	0.1 b	0.7 b	0.4	-0.4	*	1.8	-1.8	**
穂数 (本 m^{-2})	279.4	-7.7	1.2	6.5	14.2	-14.2	**	-8.0	8.0	*
千粒重 (g)	21.8	-0.4 a	0.1 b	0.3 b	0.2	-0.2	**	0.8	-0.8	**

わたぼ: わたぼうし, こがね: こがねもち。

同一英文字間に5%水準 (Tukey) で差なし。

* 及び ** は、それぞれ5及び1%水準で有意差あり。

nsは有意差なし。

第3図 穂肥窒素の施用量と品種が示す硬化度への影響。
同一英文字間に5%水準 (Tukey) で差なし。

ことが明らかである。一方、第3図に示すように、穂肥窒素の施用量と品種との間に交互作用が認められ、品種によって穂肥窒素量の影響が異なることが明らかであった。交互作用に起因する硬化度の変化は、“わたぼうし”では穂肥窒素の施用量 1 g m^{-2} の増加により硬化度が 0.19 kg cm^{-2} (算出方法: $(6.63 - 7.37) \div 4$) 低下し、“こがねもち”では 0.23 kg cm^{-2} (算出方法: $(10.40 - 9.47) \div 4$) 高まった。このことは、加工適性の上では、穂肥の増施が“わたぼうし”には不利に“こがねもち”には有利に作用することを示唆する。石崎ら (1996) によれば、“わたぼうし”と“こがねもち”の硬化性は1ランクの違いであり、本試験において示された硬化度 3.10 kg cm^{-2} が1ランク分の品種間差に相当する。移植期の15日の遅れにより生じた 0.90 kg cm^{-2} の硬化度の変化及び交互作用に起因する“わたぼうし”の 0.19 kg cm^{-2} または“こがねもち”の 0.23 kg cm^{-2} の変化は、いずれも品種間差の値を超える大きさではないことから、これらが加工適性に及ぼす影響は小さいものと推察される。

以上の結果から、加工適性の優れた糯米原材料、即ち切り餅及びあられ製造に適した硬化度の高い糯米を生産するためには、まず、品種の選択が重要である。硬化度の品種間差を、移植期や穂肥窒素の施用で埋めることは困難と推察されることから、“こがねもち”または“こがねもち”の系譜に属する硬化性の優れた品種 (石崎ら 1996) の作付けが一番に奨励される。“こがねもち”の熟期がコシヒカリなどの主力品種と重なり、作業の競合が心配されるような地域では、登熟期間が高温に推移する早生品種を選択し、さらに登熟気温が高まるように移植期を早めることが望ましい。また、穂肥窒素の施用は、品種により反応が異なるものの、作付け品種の選択や移植時期の早晚ほどには硬化度の変動に影響を及ぼさないため、多収を目指した栽培が可能と思われる。ただし、多肥栽培は、玄米の蛋白含有率を高め餅の食味総合評価が低下するとの報告 (杉浦ら

2005) があり、また、糯精米の蛋白含有率が高まると餅生地加熱圧扁時の膨化伸展性が低下して最中などの菓子原料としての加工特性が低下すると指摘されており (柳瀬ら 1984)、産米の蛋白含有率が多収の制限要因となろう。今後、餅の食味や膨化伸展性の観点から蛋白含有率の限界値が提示されれば、穂肥窒素施用量の目安が設定でき、加工特性と収量性の両立が可能と考えられる。加工利用と原料生産について、連携した研究の進展が待たれる。

引用文献

- 赤間芳洋・有坂将美 1992. もち米・櫛渕欽也, 日本の稲育種スーパーライスへの挑戦. 農業技術協会, 東京. 197-208.
- 江川和徳・吉井洋一 1990. 産地・品種を異にした糯米による餅の硬化性. 新潟県食品研究所・研究報告 25: 29-33.
- 五十嵐松太郎・国武正彦・白倉治一 1959. 水稻新品種「こがねもち」. 新潟県農業試験場研究報告 9: 19-27.
- 石崎和彦 1994. もち品種の加工特性に関する研究 第1報 もち硬化性の簡易測定法. 北陸作物学会報 29: 26-28.
- 石崎和彦・中村恭子・小林和幸・東聡志・阿部聖一・星豊一 1995. もち品種の加工特性に関する研究 第2報 もち硬化性の品種間差. 北陸作物学会報 30: 7-8.
- 石崎和彦・中村恭子・東聡志・小林和幸・阿部聖一・星豊一 1996. もち品種の加工特性に関する研究 第3報 こがねもちに由来するもち品種のもち硬化性. 北陸作物学会報 31: 16-17.
- Kobayashi, K., K. Ishizaki, Y. Kawai, T. Matsui, H. Kasaneya and T. Hoshi 2003. Development of rapid measuring method on rice-cake hardness in waxy rice. Breed. Sci. 53: 169-175.
- 松江勇次・内村要介・佐藤大和 2002. アミログラム特性の糊化開始温度による水稻もち品種の餅硬化速度の評価方法と餅硬化速度からみた糊化開始温度と登熟温度. 日作紀 71: 57-61.
- 新潟県農林水産部 1996. 水稻栽培指針. 58-63.
- 新潟県農林水産部 1997. 水稻・麦類・豆類・ソバ生育調査等基準. 1-37.
- 佐々木行雄・石崎和彦・東聡志・近藤敬・阿部徳文・星豊一・竹内陸・小出道雄・佐々木康之・星野卓・矢野一成・池善世・市川儀夫 1996. 水稻糯新品種「わたぼうし」. 新潟県農業試験場研究報告 42: 13-22.
- 佐藤弘一・斉藤真一・吉田智彦 2005. 水稻糯品種の餅硬化性, 糊化特性及び尿素崩壊性による選抜. 日作紀 74: 310-315.
- 杉浦和彦・坂紀邦・工藤悟 2005. 水稻糯品種における育種選抜のための糯硬化性及び切り餅食味の簡易評価法. 日作紀 74: 30-35.
- 柳瀬肇・遠藤勲・竹生新治郎 1982a. もち米の品質, 加工適性に関する研究 (第2報) 国内産もち米の貯蔵と加工適性. 食総研報 39: 1-14.
- 柳瀬肇・遠藤勲・竹生新治郎 1982b. もち米の品質, 加工適性に関する研究 (第4報) 国内産もち米と輸入もち米の品質指標ならびに品質評価. 食総研報 40: 8-16.
- 柳瀬肇・大坪研一・橋本勝彦 1984. もち米の品質, 加工適性に関する研究 (第6報) もち生地の湯溶けならびに膨化伸展性の銘柄間差異. 食総研報 45: 1-8.
- 山村光司 2002. 正しい分散分析結果を導くための変数変換法. 植物防疫 56 (10): 22-27.

Effects of Nitrogen Fertilizer for Ear Manuring, Date of Planting and the Kind of Cultivar on Hardness of Glutinous Rice-Cake : Kazuhiko ISHIZAKI, Satoshi KANEDA and Takaaki MATSUI (*Crop Research Center, Niigata Agricultural Research Institute, Nagaoka, Niigata 940-0826, Japan*)

Abstract : Glutinous rice is often processed to rice-cake (Mochi) and rice-crackers (Arare). Hot Mochi dough is difficult to cut and pack, and thus hardness of Mochi after cooling is an important processing property to shorten the manufacturing time. We evaluated the effect of cultivation method, including the amount of nitrogen fertilizer for ear manuring, date of planting and the kind of cultivar on hardness. The amount of nitrogen fertilizer was found to have a small effect on the hardness, but the interaction between the nitrogen fertilizer and cultivars was significant. There was a varietal difference in the response to the nitrogen fertilizer. The hardness of Wataboushi decreased but that of Koganemochi increased with increasing nitrogen fertilizer application. The date of planting and the kind of cultivar also significantly influenced the hardness, and their contribution rates were 6.4 % and 81.0 %, respectively. Decrease in temperature due to the 15-day delay of planting caused a 0.90 kg cm^{-2} decrease in hardness, and the hardness of Wataboushi was 3.10 kg cm^{-2} lower than that of Koganemochi. From these results, we conclude that selection of cultivar is of primary importance, and early planting is necessary to produce superior glutinous rice for processing. Thus, we recommend high-yield cultivation without palatability because the nitrogen fertilizer has only a small effect on the hardness.

Key words : Glutinous rice, Glutinous rice-cake, Hardness, *Oryza sativa* L., Processing suitability.