

サツマイモにおける栽培方法・短期貯蔵の影響 および高糖度の要因の解明

農研機構 次世代作物開発研究センター
畑作物研究領域 研究員

にしな みお
西中 未央

はじめに

近年の甘さを求める消費者の嗜好を反映し、高糖度のサツマイモの需要が高まっている。加熱調理したサツマイモの甘さは、生いにも含まれる可溶性糖類であるフルクトース、グルコース、スクロースに、加熱で糊化したでん粉が β -アミラーゼによって分解され生成する多量のマルトースが合わさったものである。マルトース生成量は β -アミラーゼ活性およびでん粉の糊化開始温度に影響される¹⁾こと、糊化開始温度は栽培条件により変動する²⁾ことから、栽培条件により糊化開始温度や β -アミラーゼ活性が変化すると、マルトース生成量が変化しサツマイモの甘みに影響を及ぼすことが予想される。そこで、栽培方法・収穫後の短期貯蔵が収量・品質に与える影響を調査し、高糖度品種と従来品種を比較することにより高糖度に関わる要因を明らかにしようとした。本稿ではその試験結果について紹介する。

試験の概要

2014年にマルチ被覆の有無および栽培時期の早晚が品質に及ぼす影響を調査した。その結果、栽培条件が品質に影響を及ぼしたことから、標準的な栽培時期の試験区を

追加し、2017年にマルチ栽培でさらに詳細な調査を実施した。2017年の試験においては、栽培時期が収量・品質に及ぼす影響、収穫から販売までの期間を想定した収穫2週間後における品質の変化について調査した。その結果、品質の変動に影響を及ぼす要因および高糖度サツマイモ品種が従来品種より高い糖度を示す要因について明らかにした³⁾。

マルチ被覆・栽培時期が品質に及ぼす影響 (2014年、表1)

農研機構谷和原畑圃場（茨城県つくばみらい市）において栽培した材料を供試した。従来品種として「ベニアズマ」と「高系14号」、近年育成の品種として、でん粉の糊化開始温度が低く迅速調理が可能な「クイックスweet」、食味・外観に優れた干しいもに加工できる「ほしこがね」、ねっとりした食感が甘味の強い「べにはるか」、糖度が高く調理後の変色の少ない「あいこまち」の6品種を供試した。栽培時期は早植および晩植、マルチ被覆はマルチ栽培（ポリエチレン製黒マルチ）および無マルチ栽培として、4処理区12株2反復で栽培した。品質については、塊根の乾物率、でん粉含有率、糊化開始温度、蒸しいも糖度を測定

表1 サツマイモにおける栽培条件が品質に及ぼす影響 (2014年 農研機構谷和原畑圃場)

品種	試験区		乾物率 (%)	でん粉含有率 (%)	でん粉糊化開始温度 (℃)	蒸しいも糖度 (Brix %)
	栽培時期	マルチ				
べにはるか	早植	マルチ	32.4 ab	24.0 a	71.1 a	19.8
		無マルチ	34.2 a	24.6 a	71.2 a	19.2
	晩植	マルチ	32.4 ab	20.9 b	67.3 b	20.0
		無マルチ	31.1 b	19.3 b	67.6 b	20.2
クイックスweet	早植	マルチ	32.2 a	25.1 a	57.1 a	19.2 b
		無マルチ	33.9 a	17.6 a	56.8 a	21.1 a
	晩植	マルチ	31.9 a	20.5 b	51.9 b	20.6 ab
		無マルチ	29.1 b	17.9 b	50.5 b	19.8 ab
あいこまち	早植	マルチ	37.0 ab	28.2 a	71.3 a	21.0
		無マルチ	37.3 a	27.4 a	71.2 a	22.2
	晩植	マルチ	35.0 bc	23.5 b	66.0 b	21.0
		無マルチ	32.9 c	21.6 b	64.1 b	21.6
ほしこがね	早植	マルチ	30.5 a	23.9 a	70.8 a	18.2 ab
		無マルチ	30.7 a	24.0 a	71.2 a	19.6 a
	晩植	マルチ	28.4 b	18.9 b	63.1 b	18.2 ab
		無マルチ	27.5 b	19.0 b	64.2 b	17.8 b
ベニアズマ	早植	マルチ	34.0 a	27.2 a	76.3 a	17.6 b
		無マルチ	33.0 ab	26.9 a	76.0 a	18.8 ab
	晩植	マルチ	31.8 b	19.6 b	69.1 b	19.8 a
		無マルチ	28.5 c	16.4 c	67.0 c	18.6 ab
高系14号	早植	マルチ	30.3 a	22.5 a	74.5 a	15.6 b
		無マルチ	30.7 a	21.9 a	73.9 a	17.6 a
	晩植	マルチ	29.3 a	18.8 b	69.1 b	16.2 ab
		無マルチ	26.6 b	16.5 b	68.1 b	16.4 ab
平均	早植		33.0 a	25.2 a	70.1 a	19.1
	晩植		30.4 b	19.4 b	64.0 b	19.2
		マルチ	32.1 a	22.7 a	67.3 a	18.9 b
		無マルチ	31.3 b	21.8 b	66.8 b	19.4 a
	べにはるか		32.5 b	22.2 b	69.3 b	19.8 b
	クイックスweet		31.7 b	22.5 b	54.1 d	20.1 b
	あいこまち		35.6 a	25.2 a	68.2 bc	21.5 a
	ほしこがね		29.3 c	21.4 bc	67.3 c	18.5 c
	ベニアズマ		31.9 b	22.5 b	72.1 a	18.7 c
	高系14号		29.3 c	19.9 c	71.4 a	16.5 d

栽培時期 (植付日～収穫日) : 早植 (4/23～8/25)、晩植 (6/24～10/27)。

付与されたアルファベットは、品種内、要因内で異なるアルファベット間に5%水準の有意差があることを示す。

日作紀89(2)P113の表より抜粋。

した。

乾物率は、早植マルチ区、早植無マルチ区で高く、晩植無マルチ区で低かった。品種別では、「あいこまち」が最も高く、「ほしこがね」、「高系14号」は低かった。

でん粉含有率は、早植マルチ区、早植無マルチ区で高く、晩植無マルチ区で低かつ

た。晩植区は全ての品種において早植区より低かった。早植区は「あいこまち」、「ベニアズマ」で高かった。晩植区は「あいこまち」で最も高く、「高系14号」で最も低かった。

糊化開始温度は、無マルチ区はマルチ区より低かった。全ての品種において晩植区

は早植区より低かった。早植区は「ベニアズマ」で最も高く、「クイックスイート」で最も低かった。晩植区は「べにはるか」、「ベニアズマ」、「高系14号」で高く、「クイックスイート」で最も低かった。

蒸しいも糖度は、「べにはるか」、「あいこまち」では栽培条件による差はなく、「ベニアズマ」、「高系14号」、「クイックスイート」では早植マルチ区で低く、「ほしこがね」では晩植無マルチ区で低かった。品種別では、「あいこまち」が最も高く、「べにはるか」、「クイックスイート」は次に高く、「高系14号」は最も低かった。

蒸しいも糖度について、乾物率($r=0.659^{***}$)やでん粉含有率($r=0.349^*$)との間に有意な正の相関、糊化開始温度との間に有意な負の相関($r=-0.320^*$)が認められた。

栽培時期・短期貯蔵が収量・品質に及ぼす影響(2017年、表2)

農研機構谷和原畑圃場において、マルチ栽培の早植区、標準植区、晩植区の3処理区12株2反復で栽培した「ベニアズマ」、「高系14号」、「べにはるか」、「クイックスイート」の4品種を供試した。収穫直後に50g以上の塊根の収量を調査し、次いで塊根の乾物率、でん粉含有率、糊化開始温度を測定した。蒸しいもの糖度、可溶性糖類含量、 β -アミラーゼ活性の測定を、収穫直後(収穫後3日以内)と収穫2週間後(横穴式貯蔵庫にて貯蔵、温度調整機能は無し)に実施した。

塊根収量は、標準植区が最も多収、晩植区は最も低収であった。品種別では「べにはるか」が多収傾向であったが、有意な差

は認められなかった。

乾物率およびでん粉含有率は、早植区、標準植区は晩植区より高かった。品種別では、「ベニアズマ」と「べにはるか」は高く、「高系14号」は最も低かった。

糊化開始温度は、早植区と標準植区では、「ベニアズマ」と「高系14号」で高く、「クイックスイート」で最も低かった。晩植区では、「高系14号」で最も高く、「クイックスイート」で最も低かった。

スクロース含量は、早植区と標準植区は晩植区より高かった。「クイックスイート」では貯蔵前は最も高く、貯蔵によりさらに増加し、貯蔵後も最も高かった。「べにはるか」では貯蔵前は中程度で、貯蔵により増加した。「ベニアズマ」では貯蔵前は低く、貯蔵により増加し貯蔵後は「べにはるか」と同程度となった。「高系14号」では貯蔵前は低く、貯蔵による増加は無く貯蔵後は最も低かった。

収穫後2週間の貯蔵において、「べにはるか」、「ベニアズマ」、「クイックスイート」ではスクロースの増加量が大きく、「高系14号」では2還元糖の増加量が大きかった。

マルトース含量は、「べにはるか」と「クイックスイート」が高く、「高系14号」が最も低かった。またマルトース含量は貯蔵により低くなった。

蒸しいも糖度は、標準植区は晩植区より高かった。「べにはるか」、「クイックスイート」は「ベニアズマ」、「高系14号」より高かった。また蒸しいも糖度は貯蔵により増加したが、貯蔵による蒸しいも糖度の変動は「高系14号」で他の3品種に比べて小さかった。

β -アミラーゼ活性は、「べにはるか」が

表2 サツマイモにおける栽培時期および短期貯蔵が品質及ぼす影響 (2017年 農研機構谷和原畑圃場)

品種	試験区	塊根収量	乾物率	でん粉含有率	でん粉 糊化開始 温度	蒸しいも					可溶性 糖含量	糖度	β - アミラーゼ 活性
						フルクトース	グルコース	スクロース	マルトース				
						含量	含量	含量	含量				
	栽培時期	貯蔵	(kg/a)	(%)	(%)	(℃)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(Brix %)	(Unit g-l)
べにはるか	早植	直後	256 ab	35.9 a	23.3 a	70.8 a	0.00	0.00	2.06 bc	10.08	12.14	16.1 ab	5.3 a
		2週間後	-	-	-	-	0.00	0.00	2.76 a	9.60	12.36	15.6 ab	5.0 ab
	標準植	直後	358 a	33.9 ab	23.4 a	71.5 a	0.00	0.00	2.07 bc	9.73	11.81	15.0 ab	4.2 ab
		2週間後	-	-	-	-	0.00	0.00	3.07 a	9.52	12.59	16.9 a	5.0 ab
	晩植	直後	224 b	32.3 b	18.9 b	69.1 b	0.00	0.00	1.77 c	9.20	10.96	13.7 b	4.9 ab
		2週間後	-	-	-	-	0.00	0.00	2.44 ab	8.94	11.38	15.4 ab	3.8 b
クイック スイート	早植	直後	231 ab	33.0	21.0	57.3 b	0.00	0.00	2.84 bc	9.62	12.46	15.3	4.0 a
		2週間後	-	-	-	-	0.07	0.05	3.65 a	8.87	12.65	16.3	4.0 a
	標準植	直後	273 a	33.5	21.9	58.9 a	0.00	0.00	2.60 c	9.20	11.81	15.4	3.3 ab
		2週間後	-	-	-	-	0.00	0.10	3.42 ab	9.45	12.98	16.7	3.3 ab
	晩植	直後	147 b	31.6	19.4	52.8 c	0.00	0.00	1.90 d	9.83	11.72	14.9	3.5 ab
		2週間後	-	-	-	-	0.12	0.12	3.17 ac	8.88	12.29	15.9	2.6 b
ベニアズマ	早植	直後	209 b	34.8 a	23.4 a	76.1 a	0.00	0.00	1.84 b	8.44	10.29	13.5	3.3
		2週間後	-	-	-	-	0.07	0.07	2.76 a	7.32	10.23	14.1	3.3
	標準植	直後	320 a	33.9 ab	23.1 a	76.1 a	0.00	0.00	1.67 b	8.49	10.16	13.3	3.0
		2週間後	-	-	-	-	0.00	0.00	2.56 a	7.84	10.40	14.1	3.1
	晩植	直後	147 b	32.2 b	18.5 b	70.7 b	0.00	0.00	1.37 b	8.04	9.41	13.3	3.0
		2週間後	-	-	-	-	0.07	0.05	2.74 a	8.44	11.30	15.0	2.5
高系14号	早植	直後	202 ab	32.7	19.9 ab	75.8 a	0.32 c	0.32 bc	1.74 ab	8.11 a	10.50 a	13.3	2.8
		2週間後	-	-	-	-	0.47 bc	0.50 ab	2.02 a	7.62 a	10.61 a	13.9	3.0
	標準植	直後	286 a	31.2	20.3 a	75.8 a	0.15 d	0.17 cd	1.52 ab	8.30 a	10.14 ab	14.0	2.5
		2週間後	-	-	-	-	0.62 ab	0.67 a	1.81 ab	7.30 ab	10.41 ab	14.3	3.0
	晩植	直後	160 b	30.3	17.6 b	72.2 b	0.00 d	0.00 d	1.57 ab	7.57 a	9.14 ab	12.8	1.9
		2週間後	-	-	-	-	0.69 a	0.67 a	1.32 b	5.83 b	8.51 b	12.5	1.4
平均	早植		225 b	34.1 a	21.9 a	70.0 a	0.12	0.12	2.46 a	8.71	11.41 a	14.8 ab	3.8 a
	標準植		309 a	33.1 a	22.2 a	70.6 a	0.10	0.12	2.34 a	8.73	11.29 a	15.0 a	3.4 a
	晩植		169 c	31.6 b	18.6 b	66.3 b	0.11	0.11	2.03 b	8.34	10.59 b	14.2 b	2.9 b
	べにはるか		279	34.0 a	21.9 a	70.4 b	0.00 b	0.00 b	2.36 b	9.51 a	11.87 a	15.5 a	4.7 a
	クイックスイート		217	32.7 ab	20.8 ab	56.4 c	0.03 b	0.05 b	2.93 a	9.31 a	12.32 a	15.7 a	3.4 b
	ベニアズマ		225	33.6 a	21.7 a	74.3 a	0.03 b	0.02 b	2.16 b	8.10 b	10.30 b	13.9 b	3.0 bc
	高系14号		216	31.4 b	19.3 b	74.8 a	0.38 a	0.39 a	1.66 c	7.46 c	9.88 b	13.5 b	2.5 c
	収穫直後		-	-	-	-	0.04 b	0.04 b	1.91 b	8.88 a	10.88 b	14.2 b	3.5
	2週間後		-	-	-	-	0.18 a	0.19 a	2.64 a	8.30 b	11.31 a	15.0 a	3.3

栽培時期 (植付日～収穫日) : 早植 (4/25～8/22)、標準植 (5/11～9/29)、晩植 (6/2～10/25)。

可溶性糖含量はフルクトース、グルコース、スクロースおよびマルトースを合計した含量。

β -アミラーゼ活性は生いもあたりの値。

付与されたアルファベットは、品種内、要因内で異なるアルファベット間に5%水準の有意差があることを示す。

日作紀89(2)P114-115.2020.の表より作成。

最も高く、「高系14号」は最も低かった。収穫直後は栽培時期による有意な差はなかったが、貯蔵後は晩植区で低かった。

蒸しいも糖度について、収穫直後では、でん粉含有率 ($r=0.422^*$)、 β -アミラーゼ活性 ($r=0.572^{**}$)、スクロース含量 ($r=0.616^{***}$)、マルトース含量 ($r=0.819^{***}$)

と有意な正の相関が認められ、糊化開始温度と有意な負の相関 ($r=-0.528^{**}$) が認められた。2週間貯蔵後では、 β -アミラーゼ活性 ($r=0.566^{**}$)、スクロース含量 ($r=0.773^{***}$)、マルトース含量 ($r=0.868^{***}$) と有意な正の相関が認められた。

考察

2014年の試験において、早植は晩植より乾物率、でん粉含有率が高くマルチ被覆の有無による差はないが、晩植では乾物率、でん粉含有率の低下がマルチ被覆により緩和されたと考えられた(表1)。2017年の試験において、晩植区で収量、乾物率、でん粉含有率の全てが低下し影響が特に大きかった(表2)。生育期間中の積算温度は標準植区と晩植区ではほぼ同じであったことから、晩植区における塊根収量の低下は塊根肥大期にあたる生育後期の多雨と日照不足、気温の低下が影響したと考えられた。早植区でも塊根収量低下等の影響はあったが、乾物率、でん粉含有率については標準植区と比較して晩植区ほど影響はなかった(表2)。早植区の塊根収量が標準植区に比べて低くなった要因として、早植区の栽培期間が標準植区より20日ほど短く、生育期間中の積算温度が標準植区より600℃ほど低かったことも影響したと考えられた。また、晩植区では収量・品質の低下のみでなく外観品質の低下も生じており、適期作付けの重要性が再確認される結果となった。

β -アミラーゼ活性について、晩植区では他の栽培時期に比べて低い活性が貯蔵により更に低下したと考えられた(表2)。晩植区では塊茎肥大期である生育後期の平均気温が低下し地温も低下したと考えられ、これは低地温により β -アミラーゼ活性が低下したという報告⁴⁾と一致した。

糊化開始温度は栽培条件により変化し、全ての品種で晩植区が低くなった(表1、2)。これは、栽培要因によるでん粉糊化特性の変動²⁾、地温の上昇による糊化開始温度の上昇⁵⁾というこれまでの報告と一致

した。糊化開始温度が低いとでん粉の糊化が早く、 β -アミラーゼが作用して生成するマルトース量が増加し糖度が高くなる。よって、糊化開始温度が低い晩植区で蒸しいも糖度が高くなることが予想されたが、蒸しいも糖度は必ずしも上昇しなかった(表1、2)。蒸しいも糖度に影響を及ぼす可溶性糖類はスクロースおよびマルトースであるとされ、本試験においても2糖の含量と蒸しいも糖度の相関は高かったことから、晩植区で蒸しいも糖度が高くならなかった要因は2糖の含量が低かったことであると考えられた。晩植区ではマルトースの生成に寄与する β -アミラーゼ活性が低く、さらにマルトース生成の基質となるデンプンの含量が低かったことが、糊化開始温度が低下したことによるマルトース生成量増加の効果を打ち消したと考えられた(表2)。晩植区における糊化開始温度の低下は蒸しいも糖度の上昇とは結びつかなかったことから、高糖度品種が能力を十分に発揮するためには、適期作付けによってでん粉含有率、 β -アミラーゼ活性を高めることが重要であると考えられた。

高糖度品種においては、従来品種よりも糊化開始温度が低く、 β -アミラーゼ活性、マルトース含量、スクロース含量が高かった。近年育成された高糖度品種の「べにはるか」、「クイックスイート」、「あいこまち」については、従来品種の「ベニアズマ」、「高系14号」よりも安定して高い蒸しいも糖度を示したことから、素材を生かしたサツマイモ加工品の高品質維持のために高糖度品種の利用は有効であると考えられた(表1、2)。

「高系14号」の晩植区においては、貯蔵

によるスクロース含量の増加はなく、また β -アミラーゼ活性が非常に低くなったことでマルトース含量が減少したと考えられ、他品種よりも晩植による品質への影響が生じやすい可能性が考えられた(表2)。

終わりに

近年育成の高糖度品種は、低い糊化開始温度や高い β -アミラーゼ活性によりマルトース含量が高いこと、またスクロース含量が高く短期貯蔵による増加量が多いことから高糖度を示すことがわかった。高糖度サツマイモの安定生産には、適期作付けによりでん粉含有率、 β -アミラーゼ活性を高めること、安定して高い糖度を示す高糖度品種を利用することが有効であると考え

られた。本調査における貯蔵は収穫後2週間のごく短期間であることから、長期間貯蔵した場合に栽培時期によって品質にどのような変化を生じるかについても今後検討する必要がある。

参考文献

- 1) 中村ら 食科工誌 2014. 61(12):577-585.
- 2) Noda, *et al.* Carbohydr. Polym. 1997. 33:169-176.
- 3) 西中ら 日作紀 2020. 89(2):110-118.
- 4) 犬飼ら Coastal Bioenvironment 2003. 2:37-42.
- 5) Noda, *et al.* Carbohydr. Polym. 2001. 44:239-246.