

<<資 料>>

イチゴ品種「埼園い1号」および「埼園い3号」の果実硬度特性の評価

小山浩由*

Evaluation of fruit firmness characteristics in strawberry cultivars

‘Saien-i 1 go’ and ‘Saien-i 3 go’.

Hiroyoshi KOYAMA

埼玉県では観光直売向けイチゴ品種として「埼園い1号」と「埼園い3号」を育成した(尾田ら, 2018)。近年, 本品種は観光直売以外にも市場出荷される量が増加しており, 適切な出荷が可能になるよう輸送性や日持ち性の特性を把握する必要がある。イチゴの輸送性は輸送時の振動による果実の物理的損傷(オセ(果実自重により生じる損傷)・スレ(摩擦により生じる損傷))が問題であり, 遠藤・曽根(2019)はオセ・スレと果皮・果肉硬度が関連していることを報告している。また, イチゴの日持ち性は貯蔵による外観品質の低下が問題であり, 門馬ら(1978)や望月ら(2001)は貯蔵による果皮光沢や外観評価の低下についても果皮・果肉硬度が関連していることを報告している。イチゴの果実硬度については遺伝率が高いとされていることから(森, 2000), 各品種の果実硬度特性を明らかにすることは, 輸送性や日持ち性の高い品種育成に向けた母本選定のための基礎データとしても有用である。

そこで本試験では, 「埼園い1号」および「埼園い3号」の輸送, 日持ち特性および交配母本としての有用性評価を目的として果実硬度を測定した。併せて, 経時的な貫入抵抗値の測定が必要な果皮, 果肉硬度に代わり, より簡易的に測定が可能な果実物性の指標として果皮引張強度の有用性を検討した。

材料および方法

1 供試材料

試験には収穫直後または貯蔵した完全着色果実を供試した。貯蔵はポリエチレン緩衝材入りのポリエチレンテレフタレート容器(緩衝材: イチゴ5個用トレイ/イチゴ6個用トレイ, 容器: フルーツフードパック深型: 積水化成品アグリシステム社製)に果実を入れ, フタの上からポリエチレンフィルムで覆い, 12°C, 7日間の暗黒条件で実施した。品種・系統は「135851-3」, 「pajaro」, 「アスカルビー」, 「いちご中間母本農1号」, 「珠姫」, 「もういっこ」, 「やよいひめ」, 「越後姫」, 「古都華」, 「埼園い1号」, 「埼園い3号」, 「章姫」, の計12種を供試した。このうち, 「いちご中間母本農1号」および「章姫」, 「越後姫」の3品種を軟質果実の基準品種とした。また, 果皮引張強度の測定にはこれらの品種に加えて「べにたま」を供試した。

2 果実硬度の測定

果実硬度の測定にはデジタルフォースゲージZTS-20N(イマダ社製)を用いて, 門馬ら(1977)に従い貫入抵抗値を測定した。測定にはφ3mm径のプランジャーを用いて, ロードスピードは100mm/minとした。得られた貫入抵抗値を記録および解析して, 貫入後初めて現れるピーク値を果皮硬度, 果肉部を通過する際のボトム値を果肉硬度, 果皮硬度から果肉硬度を引いた値を真の果皮硬度とした。試験は2021年2月26日から4月16日を通じて実施した。

*遺伝子情報活用担当

3 果皮引張強度の測定

果皮の引張強度はデジタルフォースゲージを用いて測定した。果実表面にセロハン粘着テープを張り付け、接着面が垂直になるように保定し、垂直方向に 300mm/min の速度で引っ張った (図 1)。接着面が果皮からはがれた時点、すなわち最低のピークとなった抵抗値を記録した。接着の面積は 300mm²(縦 20mm×横 15mm)または 150mm²(縦 10mm×横 15mm)とし、300mm²あたりの抵抗値を果皮引張強度とした。また、果実硬度との比較のため、同一果実を用いて果実硬度と果皮引張強度を測定した。試験は収穫日の 2022 年 2 月 28 日と貯蔵後の 3 月 7 日に実施した。

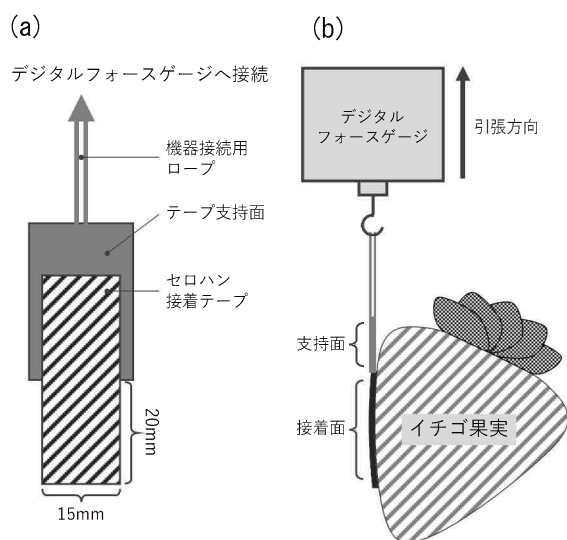


図 1 果実引張強度測定手法の概略図

(a) 測定用接着面の概要、

(b) イチゴ果実への取り付け

4 統計処理

全ての統計処理はエクセル統計 (社会情報サービス社製) を用いて実施した。

結果

1 供試品種における果実硬度と貯蔵による変化

収穫直後における「埼園い1号」および「埼園い3号」の果皮硬度、果肉硬度、真の果皮硬度は軟質果実の基準品種よりも高く、「埼園い3号」と「越後姫」の果肉硬度を除きすべて有意な差が

確認された (表 1)。また、「埼園い1号」と「埼園い3号」以外では、「越後姫」の果肉硬度を除き「135851-3」、「もういっこ」、「やよいひめ」、「古都華」の全測定項目において有意に高い値が確認された。

貯蔵後の「埼園い1号」の果皮硬度および真の果皮硬度は有意に低下し、果肉硬度では有意な変化が確認されなかった (図 2)。一方で貯蔵後の「埼園い3号」では、すべての測定項目において有意な変化が確認されなかった。また、基準品種では「越後姫」の真の果皮硬度を除いたすべての測定項目において貯蔵後の値が有意に増加した。そのほかに「古都華」、「珠姫」では貯蔵後に果皮硬度および真の果皮硬度の値が有意に増加した。「135851-3」では貯蔵後に果肉硬度が有意に低下し、反対に「アスカルビー」では有意に増加した。

2 果皮引張強度と果実硬度の関係

引張強度の測定における接着面のはがれ方として、果皮のみが接着面に残る場合と果皮と合わせて果肉の一部がはがれる場合が確認された (データ省略)。

共分散分析の結果、収穫直後および貯蔵後のそれぞれの相関パターンの変化率に有意な差は認められなかった (表 2)。また、共変量との交互作用の影響を除去した果皮引張強度-果肉硬度間以外の相関パターンにおいて収穫直後と貯蔵後の回帰直線の切片に有意な差は認められなかった。

収穫直後および貯蔵後の果皮引張強度と果皮硬度、果肉硬度および真の果皮硬度との間で有意に正の相関が確認された (図 3)。特に、収穫直後および貯蔵後ともに果皮引張強度と果皮硬度の間でより高い相関係数が得られた。

考察

遠藤・曾根(2019)では、果実の物理的損傷であるオセやスレの発生と果皮・果肉硬度との間に負の相関が認められ、ホールトレー等を用いた輸送で損傷発生が少ないイチゴの選抜指標として果皮・果肉硬度を用いることを提案している。また、門馬ら(1978)や望月ら(2001)では貯蔵による果

表 1 収穫直後完全着色果における品種間の果実物性の比較

		果皮硬度			果肉硬度			真の果皮硬度		
		n	平均値±標準誤差	検定	n	平均値±標準誤差	検定	n	平均値±標準誤差	検定
135851-3	n=11	1.85±0.13	a	n=11	0.65±0.07	a	n=11	1.20±0.12	a	
埼園い1号	n=15	1.17±0.06	b	n=15	0.48±0.02	b	n=15	0.69±0.06	b	
もういっこ	n=10	1.07±0.09	bc	n=10	0.44±0.02	bcd	n=10	0.63±0.07	bc	
やよいひめ	n=14	1.04±0.05	bc	n=14	0.40±0.02	bcd	n=14	0.64±0.05	b	
古都華	n=11	1.02±0.05	bc	n=11	0.38±0.03	bcd	n=11	0.64±0.03	bc	
埼園い3号	n=15	0.97±0.05	bc	n=15	0.39±0.01	bcd	n=15	0.58±0.04	bc	
アスカルドー	n= 7	0.89±0.08	bcd	n= 7	0.35±0.03	bcde	n= 7	0.54±0.06	bcd	
珠姫	n=11	0.85±0.03	cd	n=11	0.47±0.02	bc	n=11	0.38±0.04	cdef	
Pajaro	n= 8	0.84±0.09	cd	n= 8	0.33±0.03	cdef	n= 8	0.51±0.08	bcde	
越後姫	n=14	0.68±0.04	de	n=14	0.34±0.01	de	n=14	0.34±0.03	def	
章姫	n=15	0.49±0.03	e	n=15	0.26±0.01	ef	n=15	0.23±0.03	ef	
いちご中間母本農1号	n=13	0.44±0.03	e	n=13	0.21±0.01	f	n=13	0.23±0.02	f	

測定値は平均値±標準誤差で示す。

表中の同一アルファベット間には Turkey-Kramer の検定により 5%水準で有意差がないことを示す。

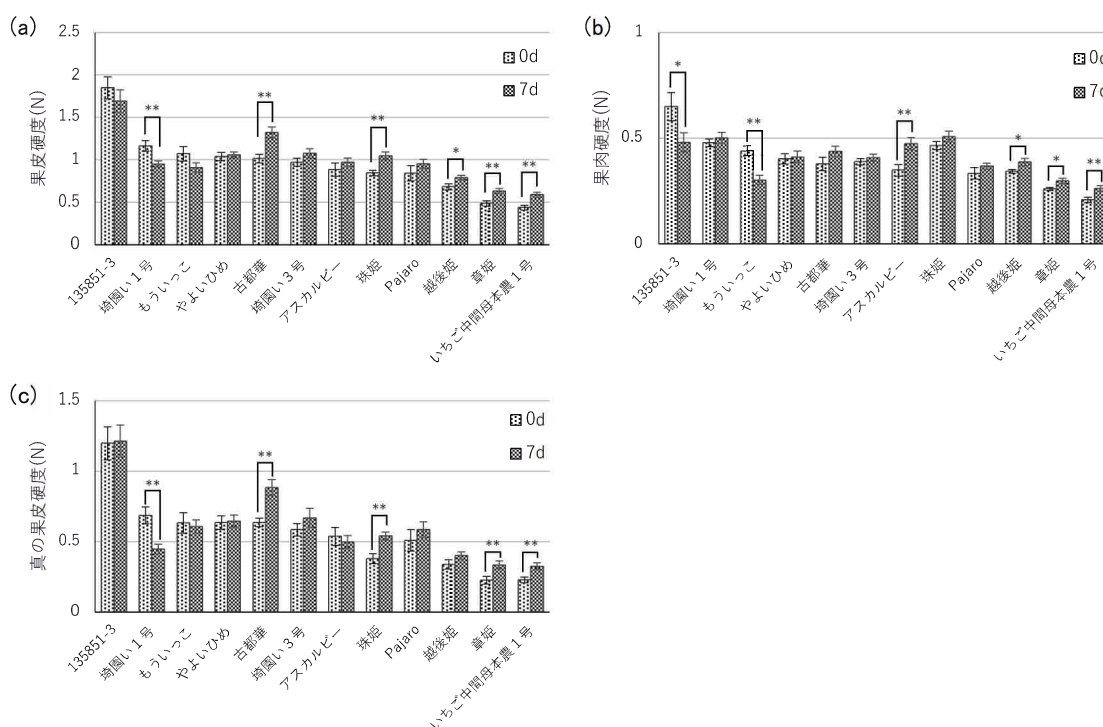


図 2 各品種における貯蔵による果実物性の変化

(a) 果皮硬度, (b) 果肉硬度, (c) 真の果皮硬度

0dは収穫直後、7dは7日間貯蔵後の値を示す。

図中のエラーバーは標準誤差を示す。

図中の**, *は t 検定において 1%, 5%の水準で有意差があることを示す。

小山：イチゴ品種「埼園い1号」および「埼園い3号」の果実硬度特性の評価

表2 貯蔵が果皮引張強度と果皮物性間の関係に及ぼす影響

共変量 (x)	目的変数 (y)	貯蔵 期間	回帰式	決定係数 (r ²)	デー タ 数
果皮引張強度	果皮硬度	0d	$y = 0.1467x + 0.1395$	0.7713	43
		7d	$y = 0.1494x + 0.1558$	0.8419	45
	果肉硬度	0d	$y = 0.0542x + 0.0633$	0.7419	43
		7d	$y = 0.0523x + 0.1514$	0.6746	45
	真の 果皮硬度	0d	$y = 0.3205x + 0.0795$	0.7249	43
		7d	$y = 0.3092x + 0.1507$	0.6240	45

表2 続き

共変量 (x)	目的変数 (y)	貯蔵 期間	交互作用含む			交互作用除外			
				F 値	P 値	F 値	P 値		
果皮引張強度	果皮硬度	0d	貯蔵期間	1.0618	0.3058	1.3615	0.2466		
		7d	目的変数	349.9610	< 0.001	**	356.4911	< 0.001	**
			交互作用	0.4260	0.5158				
	果肉硬度	0d	貯蔵期間	0.4936	0.4843		9.9189	0.0023	**
		7d	目的変数	196.6346	< 0.001	**	199.9043	< 0.001	**
			交互作用	0.1814	0.6713				
真の 果皮硬度	0d	貯蔵期間	0.0515	0.8211		0.0111	0.9163		
	7d	目的変数	145.9606	< 0.001	**	150.0432	< 0.001	**	
		交互作用	0.0406	0.8409					

表中の**は共分散分析において1%水準で有意差があることを示す。

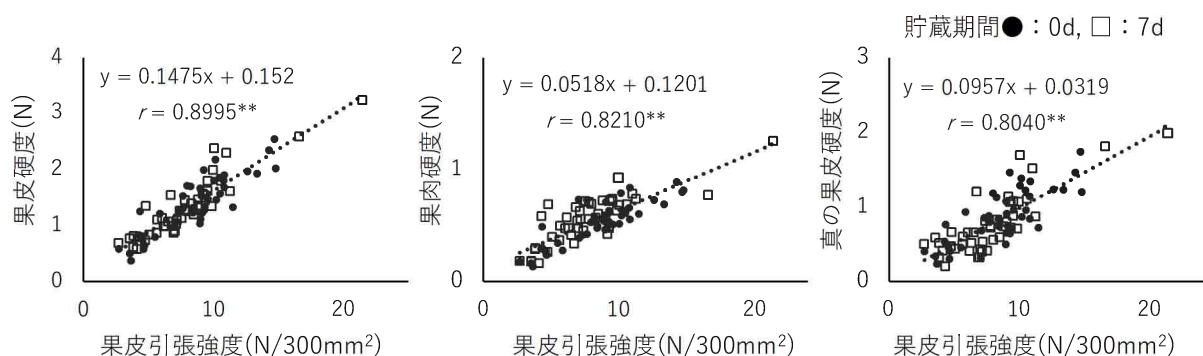


図3 果皮引張強度と果皮物性との関係

図中の r は2変数間のピアソンの積率相関係数を、**は1%水準で相関が有意であることを示す。

皮光沢や外観評価の低下と果皮・果肉硬度が関連していることを報告しており、特に門馬ら(1987)では外観評価低下の品種間差の間接的評価手法として果肉硬度の変化程度を用いることを提案している。

「埼園い1号」の収穫直後の果皮硬度、果肉硬度、真の果皮硬度は軟質果実の基準品種よりも高く、貯蔵後の果肉硬度は低下していた(表1, 図2)。このことから、「埼園い1号」は短期間の輸送性が高く、日持ち性が低い品種であると推察さ

れる。一方で、「埼園い3号」の収穫直後の果皮硬度、果肉硬度、真の果皮硬度は軟質果実の基準品種よりも比較的高く、貯蔵後でもそれぞれの硬度の変化は小さかった(表1, 図2)。このことから、「埼園い3号」は輸送性が比較的高く、日持ち性も高い品種であると推察される。

貯蔵によるイチゴの果実硬度の変化について、4-5°Cの低温貯蔵で硬度の上昇または維持、15-20°Cの貯蔵で硬度の低下傾向が報告されている(Pelayo et al., 2003, 松本ら, 2008, 望月ら, 2001)。いずれの試験においても、その変化程度には品種間差が確認されている。本試験でも貯蔵後の果実硬度は供試品種によって増加や維持、低下と異なる変化が確認されており、貯蔵期間や温度、輸送方法はそれぞれの品種特性を把握したうえで検討する必要がある。

イチゴの果実硬度は遺伝率が高いことが報告されているため(森, 2000)、収穫直後の果実硬度の高い「埼園い1号」および「埼園い3号」は輸送性の高い品種育成における交配母本としての有用性が高いと考えられる。さらに本試験において、貯蔵による果実硬度の変化程度に品種間差が認められたことから(図2)、日持ち性に係わる本性質も何らかの遺伝的要因が関与していると考えられる。そのため、収穫直後の果実硬度が軟質果実形質品種より比較的高く、貯蔵後に果実硬度が低下しない「埼園い3号」は日持ち性の高い品種育成における交配母本としての活用が期待できる。しかしながら、貯蔵における果実硬度の変化程度の遺伝率については知見が見当たらないことから、さらなる検討も必要である。

果皮引張強度と果皮硬度、果肉硬度、真の果皮硬度間において、貯蔵前後の回帰直線の変化率に差は認められず、果皮硬度および真の果皮硬度では切片でも差が認められなかった(表3)。また、果皮引張強度は果皮硬度、果実硬度および真の果皮硬度の全てと有意な相関関係が認められた(図3)。このことから、果皮引張強度は果実硬度、特に果皮硬度と真の果皮硬度と同様の果実物性を表す指標として有用であることが示唆された。また、本試験では果皮と合わせて果肉の一部ははがれるパターンが確認されている。このことから、

果皮引張強度は果皮と果肉の両方の物性に影響を受け、真の果皮硬度と果肉硬度の合算値である果皮硬度(門馬ら, 1977)とより高い相関関係となったと推察される。

イチゴ果実は表皮、果肉、管束帯、髓部で構成され、部位により硬度が異なる(門馬ら, 1977)。経時的な測定ができない場合、最大果実硬度は果実の管束帯や髓部の値を示し、果皮の物性を示さないことがある。一方で、果皮引張強度は管束帯や髓部の影響が小さいと考えられるため、より簡易に測定可能な果実表面の物理性の指標として有用であると推察される。

引用文献

- 遠藤(飛川)みのり・曾根一純.(2019): 輸送による損傷発生との関係性および遺伝的特性からみた見かけ弾性率のイチゴの選抜指標としての利用可能性. 育種学研究, 21(1), 20-27.
- 松本和浩・李忠峴・千種弼・金泰日・田村文男・田辺賢二・黄龍洙.(2008): 韓国産イチゴ新品種の特性と貯蔵性の品種間差異. 園芸学研究, 7(2), 293-297.
- 望月龍也・稲川裕・船倉英一郎.(2001): 促成イチゴ果実における日持ち性の評価方法と品種間差異. 野菜・茶業試験場報告, 16, 1-7.
- 門馬信二・上村昭二・吉川宏昭.(1977): イチゴ果実の硬さ測定法と品種間差異. 野菜試験場報告, 1, 1-11.
- 門馬信二・上村昭二.(1978): イチゴ果実の日持ち性の品種間差異並びに日持ち性と果皮・果肉の硬さとの関係. 野菜試験場報告, 2, 1-10.
- 森利樹.(2000): イチゴの果実硬度に関する遺伝率と選抜の効果. 園芸學會雑誌, 69(1), 90-96.
- 尾田秀樹・内田裕也・小林延子(2018): イチゴ新品種「埼園い1号」および「埼園い3号」の育成. 埼玉農技研研報, 17, 7-13.
- Pelayo, C., Ebeler, S. E., and Kader, A. A. (2003): Postharvest life and flavor quality of three strawberry cultivars kept at 5 C in air or air+ 20 kPa CO₂. *Postharvest Biology and Technology*, 27(2), 171-183.