

ケルセチンを高含有する赤タマネギ新品種「クエルリッチ」の育成とその特性

室 崇人¹⁾・野口 裕司²⁾・森下 昌三³⁾・伊藤喜三男⁴⁾
杉山 慶太¹⁾・近藤 友宏⁵⁾・樽沼安壽彦⁵⁾・大野 幸宏⁵⁾

緒 言

生活習慣の変化に伴い、わが国では生活習慣病の患者が増えており、現在では、がん、心疾患、脳血管疾患などの生活習慣病関連疾患が主要死因の約3分の2を占めている（厚生労働省，2008）。発がんは酸化ストレスによる自己DNA等の損傷が要因として示唆されており（OLINSKIら，2002），胃がんや肺がんをはじめとする複数のがんについて、野菜や果物の摂取が発病リスクを抑制するとの報告がある（STEINMETZ・POTTER，1996）。そのため、野菜や果物に含まれる成分の中でも、強い抗酸化活性を持つフラボノイドが、がんを含む酸化ストレス関連疾患に対するフードファクターとして注目されている（東ら，2006）。

フラボノイドは、色素成分として植物界に広く分布し、2つのベンゼン環を3つの炭素原子で結合した基本骨格を持つ化合物である。基本骨格に結合する修飾基によって、フラボン、フラボノール、アントシアニン等の複数のグループに分類され、現在までに4,000以上もの分子種が確認されている。フラボノールの1種であるケルセチンは、分子内にカテコール構造を持つことからフラボノールの中でも抗酸化活性が強く（BROSら，1990）、人体への吸収・代謝及び活性発現の機構（寺尾，2005）といった生理機能の評価が進められている。

健康に関心を持つ消費者を中心に食品の持つ機能性が認識されはじめている現在、タマネギが野菜類で最も多くのフラボノール（ケルセチン）を含有すること（MIEAN・MOHAMED，2001）は、他の作物には

無い優れた特性である。そのため、ケルセチン含量を育種的操作で高めた、既存品種とは異なる特性を持つタマネギ品種は、消費者の支持と大産地との差別化を狙う地域・生産者による導入が期待される。

そこで、北海道農業研究センター（以後 北海道農研と略す）では（株）日本農林社（以後 日本農林社と略す）と共同で、ケルセチン及びその配糖体の含量に着目した品種改良を開始した。その過程で既存の育成系統から、国内で栽培される品種としてはケルセチン類を最も高含有する赤タマネギ品種を見だし、その特性を明らかにしたので報告する。

材料及び方法

1. 花粉親「SRG-12」の育成

収穫後に長期間貯蔵しながら出荷する寒地春まき露地移植作型では球の貯蔵性が重要な育種目標であるが、国内には長期貯蔵性を有する赤タマネギ遺伝資源が認められなかった。そのため品種育成に際しては海外から遺伝資源の導入を進め、導入品種の特性評価を行ってきた。その中で「Southport Red Globe」が貯蔵性と収量性において優良品が認められた。この「Southport Red Globe」は1870年代に米国コネチカット州で開放受粉品種（OP品種）「Red Wethersfield」より選抜・育成された、赤タマネギOP品種である。導入した「Southport Red Globe」は個体の特性にバラツキが認められたため、優良個体の自殖後代から収量性や貯蔵性を維持しつつ、球がより甲高な系統を選抜し、花粉親「SRG-12」を育成した。なお、「SRG-12」は集団採種により系統維持しており、2006年にS₂M₄世代を採種した。

2. 「クエルリッチ」の育成

「クエルリッチ」は雄性可稔系統「SRG-12」を花粉親に、雄性不稔系統「NOR-1A」を種子親にした交配組合せにより育成された赤タマネギF₁品種であり、育種目標とした収量性、球外観形質及び貯蔵性

平成21年7月24日 原稿受理

- 1) 現 寒地地域特産研究チーム
- 2) 現 野菜・茶業研究所
- 3) 現 東北農業研究センター
- 4) 退職
- 5) 株式会社 日本農林社

本研究の一部は、農林水産省の委託プロジェクト「新鮮でおいしい『ブランド・ニッポン』農産物提供のための総合研究」で実施された。

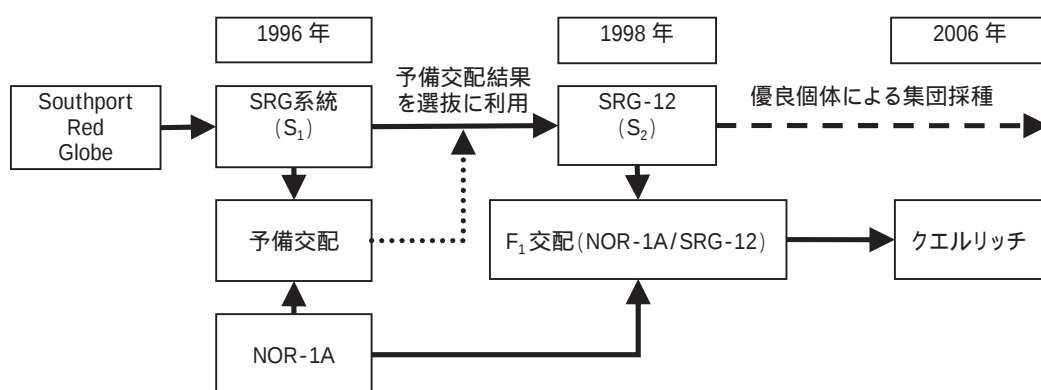
について優良性が認められたため、「月交22号」の名を付して2001年より系統適応性検定試験を開始した。当初3年の予定であった試験期間中に、既存のタマネギ品種に比べケルセチンを高含有する特性が明らかとなったことから、試験期間を延長し特性検定を実施した。その結果、従来の育種目標に加えケルセチンを高含有する特性を持つ赤タマネギF₁系統であることが明らかとなり、2006年に「たまねぎ農林交9号」として農林登録されるとともに北海道の優良品種に認定された。2008年には種苗法に基づき「クエルリッチ」として品種登録（第17105号）された（第1図、第2図）。「クエルリッチ」は花粉親「SRG-12」を育成した独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構と、種子親「NOR-1A」を保有する日本農林社との共同育成品種である。球にケルセ

チン（クエルセチン）を高含有することから、「クエルリッチ」と命名した。

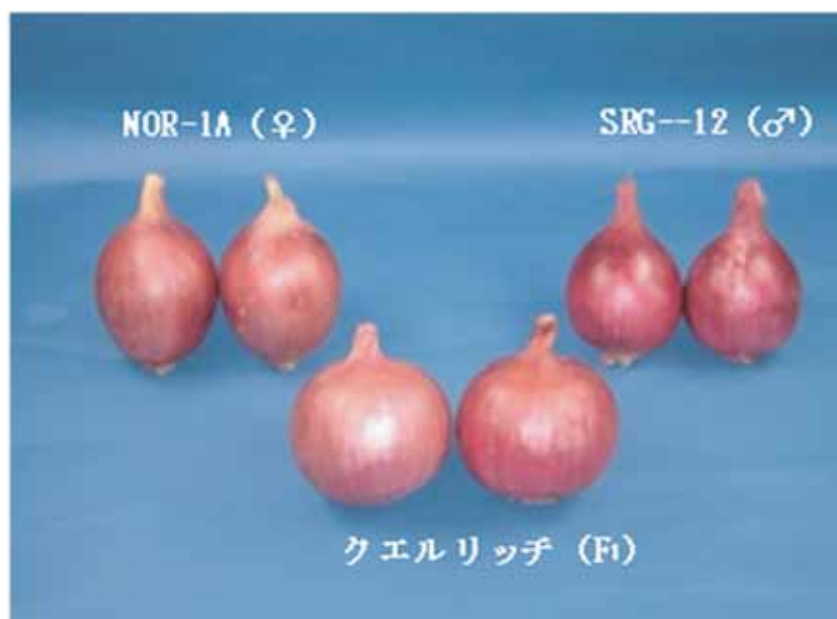
3. 「クエルリッチ」の寒地春まき露地移植作型における特性

耕種概要を第1表に示す。試験は北海道農研（札幌）において、2001年から2005年までの5年間実施した。標準品種として春まきタマネギの主要品種「スーパー北もみじ」（株式会社七宝育成）、参考品種として従来品種よりケルセチン含量の高い品種として発表された「Dr.ケルシー」（タキイ種苗株式会社育成）と春まき用赤タマネギF₁品種の「くれない」（株式会社七宝育成）をそれぞれ供試した。

生態的特性と茎葉の形態的特性は生育期間中に調査した。地上部枯葉後に一斉収穫し、同時に収量性



第1図 タマネギ「クエルリッチ」の育成系統図



第2図 「クエルリッチ」と両親系統

第 1 表 耕種概要

試験地	年次	播種日 (月/日)	定植日 (月/日)	収穫日 (月/日)	生育 調査 (月/日)	施肥量 (kg/a)			栽植様式	試験規模	
						N	P ₂ O ₅	K ₂ O	cm	m ²	反復
北海道農業研究センター											
札幌	2001 年	2/27	5/ 6	9/ 5	7/26	1.6	3.8	1.6	30 × 10	5.4	3
	2002 年	2/27	4/23	9/ 2	7/29	1.6	3.8	1.6	〃	5.4	3
	2003 年	2/26	4/30	9/ 8	7/25	2.4	5.4	2.4	〃	5.4	2
	2004 年	2/24	4/30	9/ 1	7/21	1.6	3.8	1.6	〃	5.0	1
	2005 年	2/22	5/14	9/ 1	8/2	1.6	3.8	1.6	〃	4.9	2
北海道農業研究センター 現地											
富良野	2005 年	3/3	5/12	9/15	7/25	2.0	1.3	1.9	29 × 12	3.8	2
北海道立花・野菜技術センター											
滝川	2005 年	3/8	5/11	9/ 8	7/12	1.5	2.4	1.2	30 × 11	3.0	4
北海道立北見農業試験場											
訓子府	2005 年	3/9	5/12	9/20	7/15	1.5	5.0	1.5	30 × 11	3.2	4

を調査した。得られた収穫球を用いて球形や保護葉色等の球の外観特性を目視で評価した。球の硬さは直径 4 cm のプランジャーで球赤道部を 3 mm 押し評価した。辛みは比色法 (RANDLE・BUSSARD, 1993) により測定し, Brix 糖度は可食部の汁液を Brix メーター (ATAGO DBX-55) で測定した。球の貯蔵性は 4 , 湿度 70% に調整した冷蔵庫で 6 ヶ月間貯蔵した後の球の状態によって評価した。

4. 「クエルリッチ」のケルセチン含量

1) ケルセチン含量の年次変動

2004 年と 2005 年に北海道農研で寒地春まき露地移植栽培した「クエルリッチ」, 「スーパー北もみじ」, 「Dr. ケルシー」, 「ツキサップ」(北海道農研育成), 「トヨヒラ」(北海道農研育成), 「くれない」, 「北早生 3 号」(株式会社七宝育成), 「淡路中甲高黄」(北海道農研保有遺伝資源), 「Dr. ピルシー」(タキイ種苗株式会社育成) 及び「猩々赤」(タキイ種苗株式会社育成) を材料として用いた。各品種から平均的な大きさの 10 個体を選び, それぞれ縦方向に分割し 10 g ずつ採取し合計 100g とし, 同一球より試料を 2 回採取し反復とした。採取した分割片はそれぞれナイフカッター (イワタニ IFM-MS-K) を装着したフードプロセッサー (イワタニ IFM-200) で 30 秒程度細断し, 10g ずつ 2 回採取した。それぞれに

約 80ml の特級メタノールを加え 24 時間静置し, ろ紙 (ADVANTEC No.2) でろ過した後に 80% メタノールで 100ml に定量し粗抽出液とした。粗抽出液をフィルターろ過 (日本ミリポア工業 マイレクス HA 0.45 µm) し, カラム (メルク LiChrospher 100RP-18, 5 µm) を取り付け高速液体クロマトグラフィー (島津製作所 LC10ADvp, 検出器 SPD-M10AVP) で分析した。溶出条件は津志田・鈴木 (1995) に従い, 2% の酢酸を含む 25% のメタノール溶液の濃度を 50 分間に 80% まで直線的に増加させ, 流量は 1.0ml/min, 検出波長は 360nm とした。ケルセチン含量はケルセチンアグリコン, ケルセチン-3,4'-D-0-β-ジグルコシド及びケルセチン-4'-D-0-β-ジグルコシドの外部標品を用いて定量し, この 3 種類の合計をケルセチン含量とした。

2) ケルセチン含量の栽培地による変動

2005 年に札幌市 (北海道農研), 滝川市 (北海道立花・野菜技術センター), 訓子府町 (北海道立北見農業試験場) 及び富良野市 (北海道農研現地圃場) で栽培した, 「クエルリッチ」, 「スーパー北もみじ」及び「Dr. ケルシー」を供試した。各品種から平均的な大きさの 5 個体を選び, 前記の方法と同様に各品種のケルセチン含量を定量した。

結 果

1. 「クエルリッチ」の寒地春まき露地移植作型における特性

草勢は「スーパー北もみじ」と同等でやや強く、葉色は濃い。草姿は「くれない」と「スーパー北もみじ」の中間で、生理的な葉先の枯れは他の品種よりも少ない。倒伏期は8月4日で、中晩生の品種に分類された(第2表)。規格内収量は546kg/aで「スーパー北もみじ」より約2割少ない。規格内率は86%、1球重は約200gである(第3表)。

狭楕円形の赤タマネギで、球は硬く締まりの良い特性を有する。Brix糖度は10.3%と高く、辛みは「くれない」と「スーパー北もみじ」の中間程度である。貯蔵後の健全率は60.3%であり、供試品種の中でも優れた貯蔵性を示した(第4表)。

2. 「クエルリッチ」のケルセチン含量

タマネギ品種に含まれるケルセチン含量は試験年次によって異なり、全品種の平均値では2004年が0.53mg/gFWであったのに対し、2005年は0.40mg/gFWと大きく異なった。長日性品種と短日性品種の間で含量に違いが認められたが、品種間の相対的な

順位は年次間で安定しており、「クエルリッチ」のケルセチン含量は供試品種の中で安定して高かった(第5表)。

また、「クエルリッチ」を複数の地域で栽培した場合でも、それぞれの地域で「クエルリッチ」のケルセチン含量は「スーパー北もみじ」や「Dr.ケルシー」と同等か高い傾向が認められた(第6表)。

考 察

2005年のケルセチン含量は2004年に比較して平均で約25%低いが、各品種のケルセチン含量には年次間で強い正の相関関係($r=0.95$)が認められ(第5表)、岡本ら(2006)の報告同様に、供試品種間の相対的なケルセチン含量は安定した特性であることが確認された。国内のタマネギ品種は、北海道を中心に作付けされる長日性の品種群と本州を中心として作付けされる短日性の品種群とに大別され、長日性の品種群の方がケルセチン配糖体含量の高いことが明らかとなっている(岡本ら, 2006)。「クエルリッチ」は試験に用いた長日性品種よりもケルセチン含量が高く、岡本ら(2006)の報告を含め、確認された中では国内の市販品種で最もケルセチンを高含

第2表 生育期における「クエルリッチ」の特性^z

品種名	生育盛期の特性 ^y				倒伏期 (月/日)	早晩性
	草勢	葉色	草姿	葉先枯れ		
クエルリッチ	やや強	濃	中	やや少	8/4	中晩生
スーパー北もみじ	やや強	やや濃	やや開	中	8/10	晩生
Dr.ケルシー	中	やや淡	中	やや多	8/5	中晩生
くれない	弱	濃	やや立	中	7/25	極早生

^z 北農研における2001年～2005年(「Dr.ケルシー」は2004年と2005年)の平均値

^y 生育調査は各項目を5段階(草勢:強～弱, 葉色:濃～淡, 草姿:直立～開張, 葉先枯れ:少～多)で評価

第3表 「クエルリッチ」の収量性^z

品種名	規格内収量 ^y		対標準比 (%)	規格内率 (%)	平均 一球重 (g)
	(kg/a)	L球以上 割合(%)			
クエルリッチ	546 ± 30	74	81	86	199 ± 19
スーパー北もみじ	676 ± 56	88	100	89	236 ± 25
Dr.ケルシー	671 ± 48	76	99	95	202 ± 9
くれない	457 ± 114	85	67	77	174 ± 45

^z 北農研における2001年～2005年(「Dr.ケルシー」は2004年と2005年)の平均値(±標準誤差)

^y 春まきタマネギの出荷基準によって規格を分類した

第4表 「クエルリッチ」の球特性^z

品種名	球形 ^y	外皮色 ^x	硬さ ^w (N)	Brix糖度 ^v (%)	辛み ^u (mM)	貯蔵性 ^t (%)
クエルリッチ	狭楕円	紫	182± 9.2	10.3±0.2	8.6±1.2	60.3±9.7
スーパー北もみじ	球	褐	195± 9.2	8.3±0.4	10.4±1.1	58.0±9.8
Dr. ケルシー	球	褐	194±16.1	9.6±0.1	6.8±0.2	27.3±4.9
くれない	広楕円	紫	86± 6.4	7.0±0.7	5.4±0.6	7.4±5.9

^z 北農研における 2001 年～2005 年(「Dr. ケルシー」は 2004 年と 2005 年)の平均値±標準誤差

^y 遺伝資源特性調査基準により、扁平・やや扁平・栗形・菱形・球・コマ形・広楕円・狭楕円に分類

^x 遺伝資源特性調査基準により、白・黄・褐・赤・紫に分類

^w 直径 4cm の円形プランジャーを取り付けた物性測定器で球赤道部を 3 mm 圧縮して測定

^v 可食部よりパワージュースで汁液を採種し、Brix メーターで測定

^u 辛みの指標となるピルビン酸量を比色法により測定(数値が高いほど辛い)

^t 収穫後冷蔵庫(庫温 4℃、湿度 70%)で 6 ヶ月間貯蔵した後の健全球率

第5表 「クエルリッチ」のケルセチン含量^z

品種名	品種 タイプ	ケルセチン含量 (mg/gFW) ^y		平均値 ^x
		2004 年	2005 年	
クエルリッチ	長日	0.88 a	0.60 ab	0.74±0.10
スーパー北もみじ	長日	0.62 bc	0.54 ab	0.58±0.03
Dr. ケルシー	長日	0.62 bc	0.53 ab	0.58±0.03
ツキサップ	長日	0.66 b	0.52 ab	0.59±0.07
トヨヒラ	長日	0.59 bc	0.44 bc	0.51±0.06
くれない	短日	0.46 cd	0.35 cd	0.48±0.07
北早生 3 号	短日	0.42 d	0.32 cd	0.37±0.04
淡路中甲高黄	短日	0.36 d	0.29 cd	0.33±0.03
猩々赤	短日	0.35 d	0.25 cd	0.30±0.04
Dr. ヒルシー	短日	0.33 d	0.22 d	0.28±0.04
平均値 ^w		0.530	0.402	(0.47±0.04)
相関係数(r)		0.952		

^z ケルセチンアグリコンと 2 種のケルセチン配糖体の合計値

^y 平均値 (n = 2), 数値右に示された異なる英文字間には Tukey-Kramer 多重検定法により 5%水準で有意差あり

^x 各品種の平均値±標準誤差 (2 ヶ年×2 反復, n = 4)

^w 年次の平均値 (n = 20)

第6表 異なる地域で栽培された「クエルリッチ」のケルセチン含量 (2005年)^z

品種名	ケルセチン含量 (mg/gFW) ^y				平均値 ^x
	札幌	富良野	滝川	訓子府	
クエルリッチ	0.63 a	0.51 a	0.60 a	0.54 a	0.57 ± 0.02
スーパー北もみじ	0.45 b	0.47 a	0.52 b	0.45 b	0.47 ± 0.01
Dr. ケルシー	0.55 a	0.42 b	0.47 b	0.49 ab	0.48 ± 0.02

^zケルセチンアグリコンと2種のケルセチン配糖体の合計値^y平均値 (n = 5), 数値右に示された異なる英文字間には Tukey-Kramer 多重検定法により 5%水準で有意差あり^x地域ごとの含量の平均値 (n = 20) ± 標準誤差

有する。複数の地域で栽培した場合でも、「クエルリッチ」のケルセチン含量は、「スーパー北もみじ」や「Dr. ケルシー」と同等か高い傾向であり、寒地春まき露地移植作型においては栽培地にかかわらず安定してその特性を発揮する。

タマネギは国内消費量が多く、日本人女性の主要なフラボノイド摂取源であるとの報告 (ARAIら, 2000) もあり、主要品種である「スーパー北もみじ」より約20%ケルセチンを高含有する「クエルリッチ」の利用によって、日常の食生活でより効率的なフラボノイド摂取が期待できる。ただし、タマネギ品種のケルセチン含量は栽培年次や地域によって変動することから、ケルセチンを高含有する「クエルリッチ」を安定生産するためには、変動要因を明らかにしケルセチン含量制御技術の開発につながっていく必要がある。

「クエルリッチ」は、黄タマネギの主要品種「スーパー北もみじ」に比べ規格内収量が約2割少ないが、実際に生産・販売に取り組む北海道栗山町では、ケルセチンを高含有することを消費者に宣伝することで、通常の黄タマネギよりも高い単価での販売を実現し、収量減を補っている。また、青果販売に適さない規格外品を用いたジュース等の加工食品の開発も進められており、青果販売との相乗効果が期待される。

以上より、「クエルリッチ」は寒地春まき露地移植栽培に適した赤タマネギF₁品種であり、既存品種よりもケルセチンを高含有するため、健康に対する意識の高い消費者に対し、差別性を持つタマネギ品種としての利用が期待される。

謝 辞

(独)北海道農業研究センター寒地地域特産研究チームの篠田浩一チーム長には、本論文の執筆にあたり、多くの支援・助言を頂いた。また、研究支援センター業務科職員山崎真氏ならびに堀内祐司氏及び非常勤職員の方々には圃場試験の実施及び調査等に多大な支援を頂いた。ここに記して謝意を表する。

摘 要

「クエルリッチ」は雄性可稔系統「SRG-12」を花粉親に、雄性不稔系統「NOR-1A」を種子親にした交配組合せより育成された赤タマネギF₁品種であり、2008年に品種登録された(第17105号)。「クエルリッチ」は、花粉親「SRG-12」を保有する独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構と種子親「NOR-1A」を保有する(株)日本農林社との共同育成品種である。

「クエルリッチ」は中晩生の品種で、収量性は主要品種「スーパー北もみじ」と比べ2割程度少ない。しかし、赤タマネギ品種「くれない」との比較では収量性は同等以上であり、球の外観やBrix糖度、貯蔵性は優れる。タマネギ品種のケルセチン含量は栽培年次によって変動するが、品種間の相対的な関係は安定しており、「クエルリッチ」のケルセチン含量は市販品種の中で最も高く、「スーパー北もみじ」と比べ平均で約20%ケルセチンを高含有する。ケルセチンを高含有する特性は、健康に対する意識の高い消費者には他のタマネギとの差別性となり、付加価値を持ったタマネギ品種としての流通・利用が期待される。

引用文献

- ARAI, Y., S. WATANABE, M. KIMURA, R. MOCHIZUKI and N. KINAE (2000): Dietary intakes of flavonols, flavones and isoflavones by Japanese women and the inverse correlation between quercetin intake and plasma LDL cholesterol concentration. *J. Nutr.* 130, 2243-2250.
- 東敬子・室田佳恵子・寺尾純二 (2006): 野菜フラボノイドの生体利用性と抗酸化活性. *ビタミン*. 80, 403-410.
- BROS, W., W. HELLER, C. MICHEL and M. SARAN (1990): Flavonoids as antioxidants: determination of radical-scavenging efficiencies. *Methods Enzymol.* 186, 343-355.
- 厚生労働省 (2008): 平成19年度「日本における人口動態 - 外国人を含む人口動態統計 - 」の概況. 厚生労働省HP. (<http://www-bm.mhlw.go.jp/toukei/saikin/index.html>)
- MIEAN, K. H., and S. MOHAMED (2001): Flavonoid (Myricetin, Quercetin, Kaempferol, Luteolin, and Apigenin) Content of Edible Tropical Plants. *J. Agric. Food Chem.* 49, 3106 -3112.
- 岡本大作・野口裕司・室崇人・森下昌三 (2006): タマネギにおけるケルセチン配糖体含量の遺伝的変異. *園芸雑*75, 100-108.
- OLINSKI, R., D. GACKOWSKI. M. FOKSINSKI. R. ROZALSKI. K. ROSZKOWSKI and P. JARUGA (2002): Oxidative DNA damage: assessment of the role in carcinogenesis, atherosclerosis, and acquired immunodeficiency syndrome. *Free Radic. Biol. Med.* 33, 192-200.
- RANDLE, W. M. and M. L. BUSSARD (1993): Streamlining onion pungency analyses. *HortScience*. 28(1), 60.
- STEINMETZ, K. A. and J. D. POTTER (1996): Vegetables, fruit, and cancer prevention: A review. *J. Am. Diet. Assoc.* 96, 1027-1039.
- 津志田藤二郎・鈴木雅博 (1995): タマネギに存在するフラボノイド配糖体の分析および化学合成による同定. *日食工誌*. 42, 100-108.
- 寺尾純二 (2005): ケルセチン配糖体の吸収代謝と活性発現機構. *ビタミン*. 79, 3-11.