

秋植え球根植物りん片中の貯蔵炭水化物の分析

大山卓爾*・五十嵐太郎*・馬場 昂*

キーワード 秋植え球根植物, 炭水化物, デンプン, フラクタン

球根植物のうち耐寒性が強く、低温により花芽形成が促進されるものは秋に植えられる⁹⁾。秋植え球根植物は植込み時に球根りん片内に多量の炭水化物を貯蔵し、地中生活中の根の伸長や養分吸収および茎葉部や花芽の発育分化を支えるとともに、春の急速な生長と開花を保証する。

植物中のおもな貯蔵炭水化物としては、少糖類ではシュクロース (Suc), ラフィノース, ゲンチアノース, スタキオースなどが、また多糖類ではデンプン, イヌリン, マンナンなどが知られているが¹⁰⁾、球根植物においてはデンプンや Suc, また Suc とフラクトース (Frc) が種々の重合度で連なったフラクトオリゴ糖を主要な貯蔵炭水化物として含む。球根植物りん片中の貯蔵炭水化物の代謝および利用は、とくに光合成を行えない地中生活における物質代謝およびエネルギー代謝を支えるものであり、生長・生理に対して重要な意味を持っている。

花卉球根植物の球根の炭水化物代謝について、チューリップでは比較的良好に調べられており^{3,8)}、促成栽培のため球根に低温処理を施すとりん片内のデンプンの糖化が促進され、Suc および重合度 5 以下のフラクトオリゴ糖含量が上昇すること⁸⁾などが報告されている。これまでチューリップ以外の秋植え球根植物では炭水化物代謝についてあまり調べられていないが、球根りん片内の炭水化物組成は生育段階や環境条件によって植物種に特有の変動を示すと考えられ、球根養成栽培や切花栽培時の開花調節等の技術改良のための基礎的知見として詳細な検討が必要であると思われる。本報告は、デンプンおよびフラクトオリゴ糖を主成分とする球根植物の炭水化物組成の分別定量法を検討することを目的とし、4種の秋植え球根植物に適用した。

本報告で採用した炭水化物の分析法は、試料を迅速かつ簡便に分析することを目的に検討した。はじめに、新鮮な植物組織を 80% エタノールで抽出し、エタノール可溶性の比較的低重合度の糖と不溶性の高分子多糖に大別する。アルコール可溶性の結合型をも含む Frc およびグルコース (Glc) の全含有量については、アルコー

ル抽出液をそのまま用いて、Frc と Glc に対して呈色度の異なるレゾルシン塩酸法とフェノール硫酸法で測定し、それぞれの結果から連立方程式を解いて求める。また、抽出液中の重合度 5 以下の少糖類含量については、MOE ら⁸⁾ はペーパークロマトグラフィーで分離したのち比色定量を行っているが、本法では Glc, Frc, Suc はガスクロマトグラフィー (GLC) で測定し、同時に GLC では分析困難な重合度 3~5 のフラクトオリゴ糖については高速液体クロマトグラフィー (HPLC) で分析を行う。さらに、花卉球根植物りん片のエタノール不溶性画分については、デンプンと同時にフラクタンを多量に含む可能性がある。このことから、栽培植物のデンプン分析法としてよく利用されている過塩素酸抽出法¹²⁾ではデンプンと同時に高分子フラクタンも可溶化、加水分解を受け、さらに SOMOGYI 法等による全糖の測定では Frc も呈色反応を示しデンプン由来の Glc と区別できない。そこでチューリップの炭水化物中のデンプン分析法として、加水分解で生じた Glc を GLC で測定する方法³⁾やアミラーゼとグルコースオキシダーゼを組合わせた酵素法⁸⁾が用いられている。本法では、デンプンの溶剤としてジメチルスルフォキシド (DMSO) ・塩酸を用いて抽出し、すでに緩衝液や酵素反応液が調整済の食品分析用酵素キットでデンプンを定量する。ここで DMSO ・塩酸抽出により高分子フラクタンも抽出されるため、DMSO 抽出液中の Frc 含量をレゾルシン塩酸法で分析し、アルコール不溶性フラクタン含量を測定する。ここで用いた方法は 1 点の試料につきアルコール抽出および残渣の DMSO 抽出の抽出操作 2 回と、熟練を要さない簡便な分析操作の組合わせであることから、球根植物りん片内の炭水化物組成を容易に測定しうると思われる。

本報告においては、供試植物としてチューリップ、ヒヤシンス、スイセン、ユリの 4 種類の秋植え球根植物の球根りん片中の炭水化物組成の分析を行い、それぞれの特徴を比較した。供試品種は、チューリップ (*Tulipa gesneriana* L.) はマルタ種を、ヒヤシンス (*Hyacinthus orientalis* L.) ではジャンボス種を、スイセン (*Narcissus tazetta*) はわが国自生の房咲スイセンを、さらにユリはスカシユリ (*Lilium elegans* THUNB.) 品

* 新潟大学農学部 (950-21 新潟市五十嵐 2-8050)

昭和 60 年 2 月 12 日受理

日本土壌肥科学雑誌 第 57 巻 第 2 号 p.119~125 (1986)

種清津紅を用いた。各植物の球根は主として植込み直前の9月中旬から10月初めに分析に供した。

1. 分析方法

1) 試料の調製

球根を解体し、そのりん片の約半分を抽出用に、残りの半分を乾物重の測定に用いる。抽出用りん片生体重から試料の水分量を推定し、その4倍量の特級エタノールを加え、ミキサーまたは乳鉢および乳棒でよく磨砕する。懸濁液を遠沈管に入れ、さらに器具に付着した抽出液および残渣を80%エタノールでよく洗い遠沈管に移す。10,000×g, 15分間の遠沈操作により上澄液を分離する。残渣は80%エタノールでさらに2度洗い、上澄液と洗液を合わせて250mlに定容し、アルコール抽出液とする。残渣は凍結乾燥後、高速振動粉砕器で微粉末とする。

2) 80%エタノール可溶性画分中の結合型も含めたフラクトース、グルコース全量の測定

エタノール可溶画分中には、遊離のFrc, Glc, Sucおよび比較的low重合度のフラクトオリゴ糖(Glc-[Frc]_n)などが含まれる。ここでは可溶性画分中に存在するFrc, Glcの総量を多糖中に重合体として結合しているものも含めて測定することにより、植物体中で代謝上速やかに利用しうると考えられる比較的low分子量の糖類の含有量を知ることができる。

ここでは、Frc等ケトースに特異性の高い比色法であるレゾルシン塩酸法(ROE法)⁷⁾とGlc, Frcともに同程度の呈色を示すフェノール硫酸法⁵⁾を併用し、それぞれの測定結果から試料中のFrc, Glc全量を求める。原報では水溶液中の糖濃度を測定しているが、ここでは80%エタノール抽出液をそのまま用いて分析を行う。糖のエタノール溶液ではエタノール濃度が増すにつれて吸光度が直線的に低下する。しかしながら、試料同様糖標準溶液およびブランクを80%エタノールを用いて作製することにより、供試球根抽出液のエタノールを除去し水に再溶解して測定した値と一致したことから、球根りん片ではアルコール抽出液のまま測定可能であると考えられる。

レゾルシン塩酸法の分析操作はMCRARYら⁷⁾の方法を若干改変し以下のごとく行う。抽出液5mlを試験管にとり、アルコールレゾルシノール溶液(レゾルシノール1gを95%エタノール1lに溶解)5mlを添加する。さらに30%塩酸15mlを加えて80°C温浴中で20分加熱する。試料の温度が室温まで低下したのち、分光光度計で540μmの吸光度を測定する。著者らの測定結

果でもGlcの吸光度はFrcの約1%くらいでありきわめて低かった。

フェノール硫酸法は次のように行う。抽出試料0.1ml, 水1ml, 5%フェノール水溶液1mlを順次試験管にとり、濃硫酸5mlを速やかに滴下したのちよく攪拌する。10分後に再度よく攪拌し、30°C湯浴中に10分間静置する。485μmの吸光度を測定する。原法⁵⁾では480μmで測定しているが、等濃度のFrcとGlcの吸光度曲線を作製したところどちらも485μm付近にピークを示し、かつ485μmにおいて両者の吸光度が等しかったため測定波長を485μmに設定した。

試料中のFrc, Glc含量は次の連立方程式より求める。

$$x \times F_1 + y \times G_1 = S_1$$

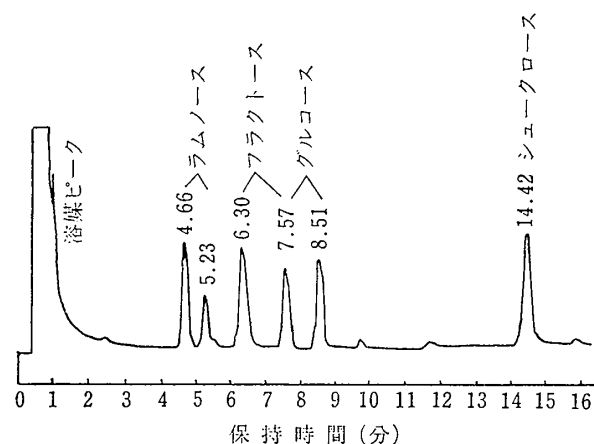
$$x \times F_2 + y \times G_2 = S_2$$

ここで、レゾルシン塩酸法によるFrc 1mg, Glc 1mgの吸光度をそれぞれF₁, G₁とし、フェノール硫酸法による吸光度をF₂, G₂とする。また、抽出液250mlに換算した試料の吸光度をS₁, S₂とする。原液を希釈せずに測定する場合、S₁はレゾルシン塩酸法の実測値×50, S₂はフェノール硫酸法の実測値×2500の値となる。

3) デンプンの定量

デンプンの定量は食品分析酵素法試薬:F-キットスターチ(ベーリンガー・マンハイム山之内社製)を用いる。80%エタノール抽出により単糖類やlow重合度のオリゴ糖が除かれた抽出残渣乾燥微粉末をDMSOで抽出する。抽出液にamyloglucosidaseを作用させてデンプンをGlcに加水分解したのち、さらにアデノシン三リン酸(ATP)とhexokinaseを加えてGlcをグルコース-6-リン酸に変換する。反応液にニコチンアミド-アデニン-ジヌクレオチド-リン酸(NADP⁺)とグルコース-6-リン酸脱水素酵素を作用させることにより、グルコース-6-リン酸はグルコン酸-6-リン酸となり、同時に等分子数のNADP⁺がNADPHに還元される。NADP⁺からNADPHへの変化を紫外部(340μm)の吸光度で測定し、その値から試料中のデンプンを定量する。デンプンにのみ特異的な酵素反応を利用する測定法のため、球根りん片中のフラクタンによるデンプン分析に対する妨害は全くないと考えられる。

実際の分析操作は以下のごとく行う。80%エタノール抽出残渣の乾燥粉末約50mgを正確に秤量し、100mlのメスフラスコ内に入れる。8M塩酸5mlとDMSO 20mlを順次添加し、栓をして振盪しながら60°Cの湯浴中で30分間抽出を行い、のち水道水に浸



第1図 ガスクロマトグラフィーによる糖標準液の分析例
ピーク上の数字は各ピークの保持時間(分)を示す。測定条件：
装置、日立ガスクロマトグラフ 163；検出器、FID；カラム、
OV-17(2%) Uniport HP 2 m×4 mmφ(ガスクロ工業社製)；
カラム温度、120～280℃ (10℃/分で昇温)；試料注入温度、
300℃；キャリアガス、N₂、流量 40 ml/分；燃焼用ガス、H₂、
1 kg/cm²；空気圧、2 kg/cm²。

けて室温に戻す。試料を 100 ml ビーカーによく洗い出し、カセイソーダ溶液 (5 N または 0.5 N) を用いて pH 4～5 に調整後、再度メスフラスコ内に戻し 100 ml に定容する。抽出液のうち約 50 ml くらいをろ過し、-20℃ で保存する。吸光度分析は酵素試薬の説明書に従って行う。試料と同時に Glc 標準液の吸光度も測定し、この値に基づき試料中の Glc 量を算出する。

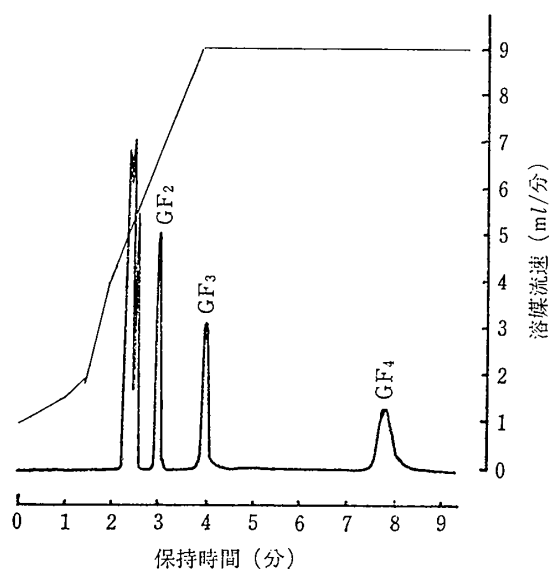
4) 80% エタノール不溶性フラクトオリゴ糖の定量

デンプン測定用に調製した DMSO 抽出液 5 ml を用いてレゾルシン塩酸法で比色分析を行う。先に求めた試料中のデンプン含量から Glc による吸光度を算出し、実測値からその分を差引き Frc による吸光度とする。標準液には試料と等濃度の DMSO 溶液を用いる。

なお、デンプンおよびフラクトオリゴ糖は縮重合の際分子量 180 の単糖から水 1 分子が脱水することから、含量の表示の際に単糖換算量に 0.9 をかける場合もあるが、本報告ではすべて単糖換算量で表示する。また、フラクトオリゴ糖は 1 分子あたり 1 個の Glc を含むが、Frc 含量をもって近似的にフラクタン含量とする。

5) ガスクロマトグラフィーによる遊離の Frc, Glc, Suc の定量

分析操作は次のように行う。ネジ栓付 5 ml ガラス製バイアルビンに内部標準液 (ラムノース 100 mg/25 ml) 25 μl およびエタノール抽出液 500 μl を入れ、底部に五酸化リンを入れた真空デシケーター中で減圧乾燥し、乾固後一夜放置し十分脱水する。トリメチルシリル (TMS) 化剤 (TMSI-H, ガスクロ工業社製) 50 μl を添加してよく振り混ぜ、単糖類の異性体比が一定になる



第2図 高速液体クロマトグラフィーによるフラクトオリゴ糖標準液の分析例

細い折れ線は溶媒流速の変化を示す。測定条件：ポンプ、Waters 510；検出器、示差屈折計、Waters R 401；Data module、Waters 730；自動グラジェントコントローラー、Waters AGC 680；カラム、Waters Radial-PAK Cartridge DEXTROPAK；溶媒、水。

ように一夜放置する。約 5 μl をガスクロマトグラフ装置に注入し、第 1 図に示す条件で測定した。

本実験条件で各単糖をそれぞれ単独で分析すると、ラムノースは約 4.66 分と 5.23 分、Frc は約 6.30 分と 7.57 分、Glc は 7.57 分と 8.51 分付近に分離した 2 本の異性体のピークを示すが、定量に際してはラムノース 4.66 分、Frc 6.30 分、Glc 8.51 分のピーク面積のみから各糖/内部標準糖面積比を計算して糖含有量を求める。

6) 高速液体クロマトグラフィーによる三～五糖のフラクトオリゴ糖の分析

オリゴ糖の分離には各種のクロマトグラフィーが利用されているが、多数の試料を簡易に精度よく定量するには HPLC が適していると思われる。そこで、GLC では分析困難な三～五糖のフラクトオリゴ糖の HPLC による分析条件を検討した。

エタノール抽出液 5 ml を減圧乾固したのち 500 μl の蒸留水を加えて溶解する。ポアサイズ 0.45 μm のフィルターでろ過した試料約 50 μl を HPLC 装置に注入して分析を行う。ここで使用したカラムは溶媒として水のみ使用可能なため、三～五糖の分離を改善する目的で溶媒流速を第 2 図に示すように徐々に速くする。単糖から五糖までを含む標準フラクトオリゴ糖混合液 (明治製菓食料研究所提供) の各糖のピーク位置ならびに面積から試料中の各糖の同定ならびに定量を行う。

第 1 表 秋植え球根植物球根りん片中の全貯蔵炭水化物含有量

	試料採取日	りん片生体重 (g/個体)	りん片乾物重 (g/個体)	全炭水化物含量 (mg/g 乾物重)
チューリップ	9月16日	22.35	10.79	751
ヒヤシンス	10月5日	46.13	17.74	593
スイセン	9月19日	30.91	9.43	758
ユリ I	10月21日	12.91	3.87	468
II	6月30日	28.19	13.38	585
III	9月17日	58.72	26.68	580

第 2 表 80%エタノール不溶性画分中に含まれるデンプンおよびフラクタン含有量

	デンプン		フラクタン		全不溶性 炭水化物 (mg/g 乾物重)
	含有量 (mg/g 乾物重)	割合 (%)	含有量 (mg/g 乾物重)	割合 (%)	
チューリップ	633	(98)	12	(2)	645
ヒヤシンス	165	(38)	274	(62)	439
スイセン	619	(99)	8	(1)	627
ユリ I	430	(99.8)	1	(0.2)	431
II	514	(99.8)	1	(0.2)	515
III	492	(99.4)	3	(0.6)	495

割合は全不溶性炭水化物にしめるデンプンまたはフラクタンの比率を%で表わす。

2. 結果および考察

本実験の供試植物は同じ秋植え球根植物でもりん茎の分球様式が異なる¹⁾。チューリップでは、植込み母球は一代限りで養分を消耗しつくし、収穫時には枯死し薄膜状になる。そして吸収同化した養分は新球に蓄積し、次代の母球となる。一方、ヒヤシンス、スイセンは通常分球せず、球根の中心部に位置する葉下部が新たにりん片となり、旧りん片の内側部分とともに次年度の球根りん片を形成する。一方、旧りん片の外側数層は養分を完全に消耗しつくして膜質化し外皮となる。ユリも内側からりん片が新たに形成され、外側りん片から順次消耗脱落していく。その際、外側りん片は膜質化せず無皮りん茎を形成する。

第 1 表には、チューリップ、ヒヤシンス、スイセンおよびユリのりん片中の炭水化物の総量を示した。試料は植込み直前の球根を用いており、各球根ともりん片中に高濃度に養分が蓄積した状態にあると考えられる。なおユリについては球根植込み時(10月26日)、摘花直後(6月30日)ならびに収穫時(9月17日)の3回サンプリングを行った結果を示した。

乾物重あたりの全炭水化物含有量については、チューリップとスイセンではともに約 75% ときわめて高く、ヒヤシンスとユリでは若干低い値を示すが、どの球根内においても貯蔵炭水化物がりん片中に最も多量に存在する成分であった。

第 2 表には、80% エタノール不溶性画分中のデンプンとフラクタンの含有量を示した。チューリップ、スイセン、ユリではいずれもデンプンが不溶性炭水化物の大部分を占め、フラクトオリゴ糖は不溶性貯蔵炭水化物全体の 2% 以下ときわめて少なかった。とくにユリについては、どの時期にもオリゴフラクタンは無視しうる量しか検出されなかった。他方、ヒヤシンスでは不溶性フラクタン含量が乾物 1g あたり 274 mg と多量に含まれていたが、同時にデンプンも 165 mg 含まれていた。ここでデンプン分析に用いた酵素法はデンプン由来の Glc のみを特異的に測定することから、ヒヤシンスでは炭水化物の一部はフラクトオリゴ糖のみならずデンプンの形態でも貯蔵されていることがわかった。確認のためヨウ素-デンプン反応を調べたところ、ヒヤシンスりん片は紫色に染まりデンプンの存在を裏付けた。フラクタンを貯蔵炭水化物とする植物のうちタマネギ (*Allium*) ではデンプンが全く存在しないが、アイリス (*Iris foetidissima*) やコンフリー (*Symphytum officinale*) ではデンプンとフラクタンが共存していることが知られている⁴⁾。ヒヤシンス球根は後者にあたるが、りん片中のフラクタンとデンプンについては生理的役割や利用のされ方などが相異なる可能性もあり興味深い。植物細胞内における両者の存在形態は全く異なり、デンプンはデンプン粒を形成し固体の状態では存在するが、四糖以上のフラクタンはおもに液胞中に溶解していると考えられている⁶⁾。

第3表 80%エタノール可溶性画分中の結合型も含めたグルコースおよびフラクトース含有量

	グルコース		フラクトース		全可溶性 炭水化物 (mg/g 乾物重)
	含有量 (mg/g 乾物重)	割合 (%)	含有量 (mg/g 乾物重)	割合 (%)	
チューリップ	51	(48)	56	(52)	107
ヒヤシンス	59	(19)	250	(81)	309
スイセン	44	(34)	87	(66)	131
ユリ I	29	(76)	9	(24)	38
II	52	(68)	24	(32)	76
III	55	(65)	30	(35)	85

第4表 りん片中の単糖および五糖までのフラクトオリゴ糖含有量

糖含有量 (mg/g 乾物重)	Frc	Glc	Suc	GF ₂	GF ₃	GF ₄	合計
チューリップ	1.03	2.83	32.51	5.31	6.06	12.93	60.67
ヒヤシンス	0.56	0.19	8.00	1.57	1.69	2.52	14.53
スイセン	4.23	1.54	26.69	2.48	3.31	1.59	39.84
ユリ I	1.82	2.72	15.16	—	—	—	19.70
II	2.67	2.31	36.94	0.17	0.43	0.31	42.83
III	3.44	4.04	49.33	0.63	0.59	0.70	58.73

GF₂, GF₃, GF₄ はそれぞれ三, 四, 五糖のフラクトオリゴ糖を表わす。
—は検出されないことを示す。

第3表には80%エタノール可溶性画分中における多糖類中の結合型も含めたGlcおよびFrc全量,ならびに全可溶性炭水化物含有量を示した。りん片乾物重1gあたりの可溶性炭水化物含有量はユリで最も少なく,とくに10月21日に採取した試料では38mgしか含まれていなかった。チューリップとスイセンでは,それぞれ乾物1gあたり107mgおよび131mgの可溶性糖が含まれていた。ここでチューリップではGlcとFrcがほぼ等量ずつ含まれていたのに対し,スイセンではFrc含量がGlcの約2倍高く,反対にユリではFrc含量はGlcの約半分程度しかなかった。これら3種の植物はいずれもデンプンを主要な不溶性貯蔵炭水化物としていたが,可溶性炭水化物組成はそれぞれ異なっていることがわかった。

ヒヤシンスりん片の可溶性炭水化物含量は309mg/g乾物重と他の3種に比べてきわめて高く,またそのうち可溶性Frc含量が81%を占め,250mgと著しく多かった。ヒヤシンスりん片中に不溶性フラクタンと可溶性フラクタンがほぼ等量ずつ含まれていたことは,ヒヤシンスのフラクタンが重合度の比較的均一な糖の集合体ではないことを示唆している。

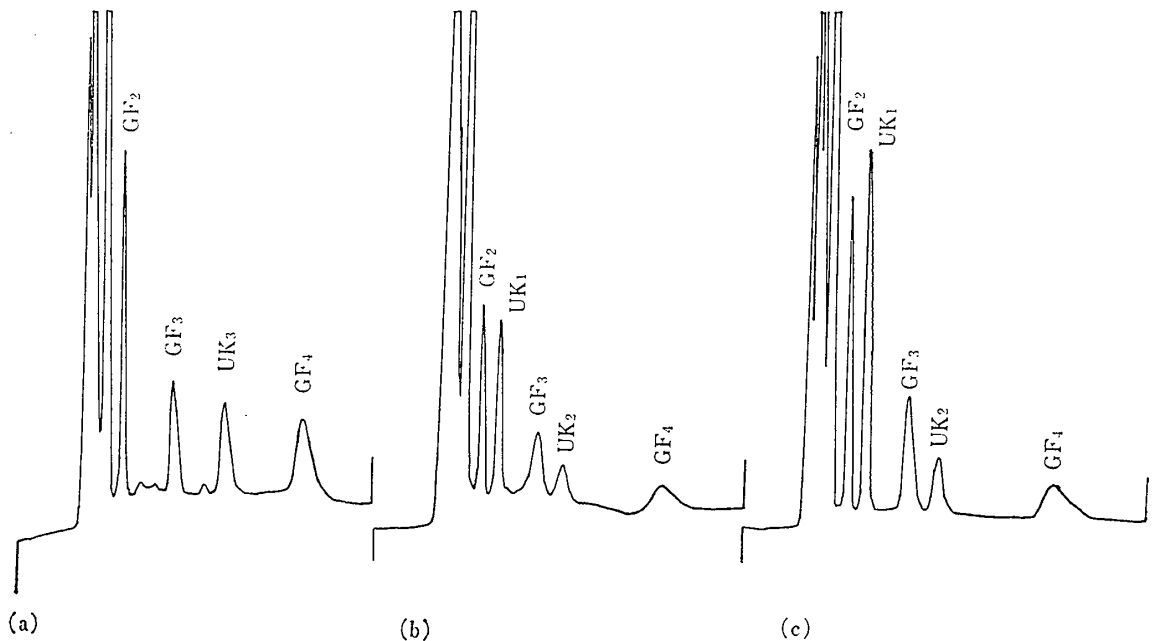
第4表には,GLCおよびHPLCで測定した単~五糖の分析結果を示した。

チューリップではりん片中にSucが最も多く,遊離のFrc, GlcはSucよりずっと少なかった。一方,

GF₂ (Glc 1分子に Frc 2分子が結合した三糖), GF₃, GF₄ についてはかなり多量に含まれ, イヌリンをおもな貯蔵炭水化物とするヒヤシンスよりもむしろ多かった。前の結果とも考え合わせると, チューリップではデンプンが炭水化物の主要な貯蔵形態であり高分子の貯蔵フラクタンはきわめて少ないが, Suc とともに比較的low重合度のフラクトオリゴ糖をかなり含むことがわかった。この傾向は MOE ら⁸⁾ が Apeldoorn と Paul Richter の2品種のチューリップりん片で調べた結果と一致したことから, チューリップ球根りん片の一般的特性であると思われる。

次にヒヤシンスについては, 不溶性ならびに可溶性の結合型Frcが多量に含まれていたにもかかわらず, 植込み直前のりん片中に遊離のFrcやSucおよびGF₂~GF₄までのフラクトオリゴ糖含量がきわめて低かった。単~五糖を合計しても可溶性糖全体の5%未満であり, 残りの約95%は重合度6以上のオリゴ糖であったと考えられる。また, 他種の球根よりもGlc含量が顕著に低かったことも特徴的である。

スイセンの各糖成分含量については, チューリップとヒヤシンスの中間的な傾向を示した。チューリップでは重合度5以下の糖は可溶性炭水化物の6割以上を占めたが, スイセンでは約3割程度で六糖以上のアルコール可溶性オリゴフラクタンがかなり含まれていたと考えられる。



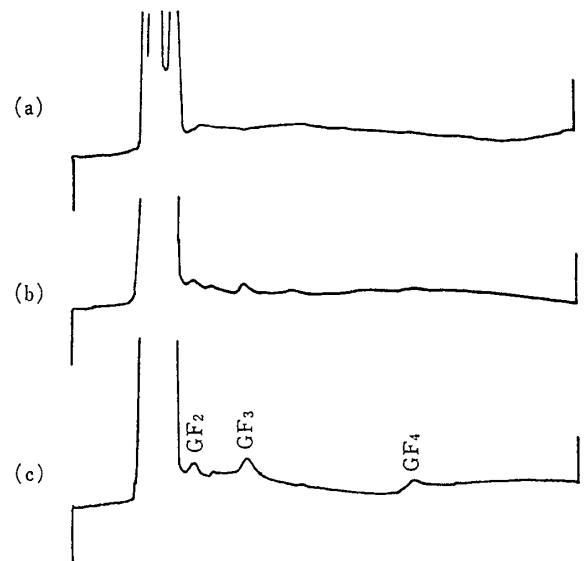
第3図 チューリップ(a), ヒヤシンス(b), スイセン(c)球根りん片抽出液の高速液体クロマトグラフィーによる分離パターン

チューリップは試料 100 μ l を, ヒヤシンス, スイセンは試料 200 μ l を注入し, 同一レンジで測定した. 未同定物質 UK₁, UK₂, UK₃ の保持時間はそれぞれ約 3.0, 4.5, 4.9 分であった.

ユリ球根りん片中には Suc がそれ以外の糖成分の 10 倍以上含まれ, 最も構成比の高い成分であった. 一方, GF₂~GF₄ については全く検出されないか, きわめて低濃度であった. 単糖から五糖中の Frc 量を合計すると第3表の可溶性 Frc 全量にほぼ一致したことから, 六糖以上のオリゴフラクタンもほとんど存在しなかったと考えられる. 同じユリ科であってもチューリップやスイセンとは異なり, スカシユリではフラクタンは貯蔵炭水化物としてほとんど利用されないと考えられる.

ここで, HPLC で測定したチューリップ, ヒヤシンス, スイセンの分離パターンを第3図に, スカシユリの分離パターンを第4図に示す.

第3図ではいずれの植物でも単糖や Suc の大きなピークのあとに GF₂, GF₃, GF₄ が分離されているが, チューリップでは GF₃ と GF₄ の間に GF₃ と同程度の面積を持つ未知物質のピークが認められた. このピークはヒヤシンス, スイセン, ユリでは全く検出されずチューリップにのみ検出されたので, この未知物質はチューリップにのみ特異的に含まれる可能性がある. 一方, ヒヤシンスとスイセンのチャートと比較すると, 両者の分離パターンはきわめてよく似ており, GF₂, GF₃, GF₄ 以外に, GF₂ のあとと GF₃ のあとに大きな未同定ピークが認められた. チューリップ球根でも同じ位置に小さなピークが検出されたが, ヒヤシンスやスイセン



第4図 ユリりん片抽出液の高速液体クロマトグラフィーによる分離パターン

(a)ユリ I (10月21日), (b)ユリ II (6月30日), (c)ユリ III (9月17日).

試料は 200 μ l を抽出し, 第3図と同一分析条件で測定した.

よりはるかに少なかった. 今回用いた秋植え球根植物のうち, チューリップ, ヒヤシンスおよびユリはユリ目 (*Liliales*) ユリ科 (*Liliaceae*) に属し, スイセンのみヒガンバナ目 (*Amaryllidales*) ヒガンバナ科 (*Amaryllidaceae*) に属する. スイセン球根の形態は同

じユリ科のユリ，チューリップよりもむしろ目の異なるヒヤシンスと類似しており，HPLC の分離パターンからみた化学組成もスイセンとヒヤシンスで似ていたことから，球根内の炭水化物代謝にも共通性のある可能性がある。

ユリ球根抽出液の HPLC のクロマトグラムをみると（第4図），単糖および Suc の大きなピークは認められるが10月21日の植込み時の母球りん片中には GF₂ ~GF₄ のオリゴフラクタンは全く検出されず，また9月19日の収穫時の試料では若干認められるもののきわめて微量であった。また，チューリップ，ヒヤシンス，スイセンで認められたような未同定物質のピークも検出されなかった。

以上の結果はおもに植込み直前の球根りん片について分析を行ったものであり，植込み後の生育段階や温度や日長などの環境要因により，球根内の炭水化物の成分含量が大きく変動する可能性がある⁹⁾。また，りん片の部位によっても糖成分組成が異なる可能性もあり，タマネギのりん茎では重合度5までのフラクタンは外側の古いりん片中には検出されず内側の若いりん片ほど多いことが報告されている^{1,2)}。

3. 要 約

球根りん片内に多量の炭水化物を蓄積する秋植え球根植物4種（チューリップ，ヒヤシンス，スイセン，ユリ）の貯蔵炭水化物の形態別含有量の分析条件を検討し，植込み時における各成分含量を測定した。

1) 各球根りん片は80% エタノールで抽出して抽出液と残渣に大別し，残渣中のデンプンおよび高分子フラクタン，ならびに抽出液中の結合型も含めた Glc, Frc 含量を測定した。また，遊離の Frc, Glc, Suc についてはガスクロマトグラフィーで，三～五糖のフラクトオリゴ糖については高速液体クロマトグラフィーで分析した。

2) 秋の定植直前の球根りん片中では，どの植物でも乾物重の約半分から75% が貯蔵炭水化物であった。

3) チューリップ，スイセン，ユリでは不溶性炭水化物の大部分がデンプンで，不溶性の高分子フラクタンの占める割合はきわめて小さかった。一方，ヒヤシンスでは不溶性と可溶性のフラクトオリゴ糖がほぼ同程度含ま

れ，その合計は乾物重の50% を越えたが，同時にデンプンも約17% 程度含まれていた。

4) 遊離の糖成分についてみると，どの植物の球根りん片中でも Suc 含量が最も高かった。チューリップには三～五糖の低重合度のフラクトオリゴ糖が相対的に多く含まれており，イヌリンを貯蔵炭水化物の主成分とするヒヤシンスでは三～五糖のフラクトオリゴ糖はチューリップやスイセンよりもむしろ少なかった。スイセンでは六糖以上のアルコール可溶性フラクタンもかなり含まれ，未同定物質も含めて可溶性成分はヒヤシンスと類似していた。一方，ユリでは Suc が主成分で GF₂ 以上のフラクトオリゴ糖はほとんど存在しなかった。

謝 辞 本研究は文部省科学研究費により行った。貴重なフラクトオリゴ糖標準試料を提供していただいた明治製菓食料研究所日高秀昌室長ならびに分析法の検討にご協力いただいた松原千鶴子氏に感謝の意を表します。

文 献

- 1) BACON, J. S. D.: The Trisaccharide Fraction of Some Monocotyledons. *Biochem. J.*, 73, 507~514 (1959)
- 2) DARBYSHIRE, B. and HENRY, R. J.: The Distribution of Fructans in Onions. *New Phytol.*, 81, 29~34 (1978)
- 3) DAVIES, J. N. and KEMPTON, R. J.: Carbohydrate Changes in Tulip Bulbs during Storage and Forcing. *Acta Hort.*, 47, 353~363 (1975)
- 4) EDELMAN, J. and JEFFORD, T. G.: The Mechanism of Fructosan Metabolism in Higher Plants as Exemplified in *Helianthus tuberosus*. *New Phytol.*, 67, 517~531 (1968)
- 5) 福井作蔵：生物化学実験法1，還元糖の定量法，p.45~47，学会出版センター（1969）
- 6) KANDLER, O. and HOPF, H.: Occurrence, Metabolism, and Function of Oligosaccharides; in *The Biochemistry of Plants*, Vol.3, p.221~270, Academic Press, New York and London (1980)
- 7) MCRARY, W. L. and SLATTERY, M. C.: The Colorimetric Determination of Fructosan in Plant Material. *J. Biol. Chem.*, 157, 161~167 (1945)
- 8) MOE, R. and WICKSTRÖM, A.: The Effect of Storage Temperature on Shoot Growth, Flowering, and Carbohydrate Metabolism in Tulip Bulbs. *Physiol. Plant.*, 28, 81~87 (1973)
- 9) 野口弥吉監修：農学大事典，p.631，養賢堂（1977）
- 10) 野口弥吉監修：農学大事典，p.807，養賢堂（1977）
- 11) 塚本洋太郎：花卉総論，p.132~134，養賢堂（1969）
- 12) 吉野 実：炭水化物の分別定量法，栄養診断のための栽培植物分析測定法，p.328~335，養賢堂（1975）