

刈り取り後におけるニラの器官別の重量ならびに糖類含量の変化

安 東赫^{1*}・池田英男²

¹茨城県農業総合センター園芸研究所 319-0292 笠間市安居 3165-1

²大阪府立大学大学院生命環境科学研究科 599-8531 大阪府堺市学園町 1-1

Changes of the Weight and Sugar Contents in Chinese Chive Organs after Cutting

Ahn, Dong-Hyuk^{1*} and Hideo Ikeda²

¹Ibaraki Agricultural Center, Horticultural Institute, Kasama, Ibaraki 319-0292

²Graduate School of Life and Environmental Sciences, Osaka Prefecture University, Sakai, Osaka 599-8531

Abstract

To examine re-growth and distribution of carbohydrates, this study measured the dry weight of leaves, bulbs, basal stem and roots, and the sugar concentration in each organ of Chinese chives (*Allium tuberosum* Rottler) grown by sand culture for 20 days after harvesting. The total dry weight first decreased for 12 days after cutting, followed by an increase. Nevertheless, the total dry weight recovered to only about 80% of its initial weight, when the leaf length became harvest size (40 cm and over) on the twentieth day after cutting. Especially, after the initial decrease, the dry weight of the root only reached about 50% of its initial weight. This finding indicated that the Chinese chive root plays a significant role as the carbohydrate storage organ. A high degree of fructose was demonstrated in the leaf, whereas sucrose was dominant in other organs (bulb, basal stem and root), showing the highest concentration in the basal stem. However, the great decrease in concentration of sucrose in each organ was shown from the fourth day after cutting. Total sugar contents within alcohol soluble solids of the plant were lowest on the fourth day after cutting, then, increased with re-growth of the leaf, and consequently, 20 days after cutting, exceeded the initial sugar content of the plant. During the examination it was also discovered that the total carbohydrate (saccharide) content declined to the minimum level (60% of the initial level) on the eighth day after cutting. A partial recovery up to 72% followed in the remaining 20 day period. The main cause of this is related to the content of polysaccharides, which increased only slightly after a significant decrease during the initial eight days after cutting.

Key Words : *Allium tuberosum* Rottler, regrowth, sugar, translocation

キーワード : ニラ, 再生, 転流, 糖

緒 言

ニラは地上部のみを収穫物とする野菜で、一般には収穫後に残った地下部から再生した新しい葉を収穫する。このような収穫と再生を何回も繰り返すことを可能にするためには、健全な、充実した株を養成することが重要である。そのため一般のニラの栽培では、収穫開始前に長い株養成期間を設けている。

刈り取りを繰り返す作物としては牧草があるが、冬作イタリアンライグラスの場合、刈り取り後5～10日目までは根株の貯蔵養分に依存しながら再生し、それ以後は独立栄養状態となって根株に依存せずに再生する。さらに、葉の再生に伴う光合成能力の増加によって、光合成産物の地下部への蓄積が起こるが、牧草の安定した収穫のためには、再生による株の充実に必要な時間をかける必要があるとき

れる(前田, 1961)。ニラにおいても、刈り取り後は新葉の再生によって地下部貯蔵養分が消耗するが、しばらくすると再生した葉の成長に伴う光合成能力の増加によって、光合成産物の地下部への蓄積が起こる(安・池田, 2006)。この二つの過程がうまく両立することが、ニラを長期間にわたって繰り返し収穫することを可能にする。ニラの株養成期間に株に貯蔵される養分は、その後の収量や品質に大きく影響する(木村, 1991; 小松ら, 1998)。また、収穫回数の増加は、翌年の収量低下につながる(Kimら, 1998)とされるものの、ニラの刈り取り後の葉の再生時における貯蔵養分の消耗や、再生してきた新しい葉の光合成によって作られた炭水化物などの動態については、ほとんど調べられていない。

著者らはこれまで、株養成期および刈り取り後のニラの生育は栽培時期によって異なり、気温の影響を強く受けることを報告した(安・池田, 2004a, b)。本報では、ニラの葉の刈り取り時と、刈り取り後の葉の再生時における各器官の重量や糖類含量の変化を詳細に調査した結果を報告する。

2006年4月17日 受付。2006年8月11日 受理。

* Corresponding author. E-mail: d.an@agri.pref.ibaraki.jp

材料および方法

2001年8月28日に、ニラ‘グリーンベルト’を砂に播種し、60日間育苗後、砂耕装置（長さ×幅×培地の深さ＝1,160×60×10 cm）に未分けつ苗50株を20×20 cm間隔の3条植えて定植した。定植後は散水型チューブ（エバフローS型）を利用した自動給液装置で、1日3回ずつ、砂耕ベッドの底面から排液が出るまで培養液を与えた。使用した培養液は、育苗時、定植後とも、大塚ハウス肥料A処方1/2単位（N:P₂O₅:K₂O:CaO:MgO＝130:60:203:115:30 mg・L⁻¹）とした。

栽培は大阪府立大学構内のビニルハウスで行った。栽培期間中の低温期においては、加温開始を10°Cに設定して、電気温風器でハウス内を加温した。一方、高温期には28°C以上で換気扇が作動するように設定し、9月まではハウス側面を開放した。

株を養成するため、定植後5か月間栽培を続け、2002年4月20日に最初の地上部刈り取りを行った。地上部は地面から3 cmのところを切った。その後は約25日ごとに地上部の刈り取りを行ったが、解析に用いた株は6月10日に刈り取ったものである。

刈り取り後の各器官の重量と糖類含量の変化を調べるため、刈り取り時と刈り取り後4, 8, 12, 16, 20日に、地下部を含む株全体を5株ずつ採集し、根に付着している砂をよく洗いおとして、葉、鱗茎、底盤および根の4つの部分に分け、調査に用いた。鱗茎は、底盤から刈り取り部分までの5 cmの部分とした。

各器官の糖類を調査するため、それぞれの試料5 gを80%のエタノール50 mLで抽出した後、減圧ろ過し、アルコール可溶物（Alcohol Soluble Solid: ASS）とアルコール不溶物（Alcohol Insoluble Solid: AIS）に分けて糖含量を定量した。各分析は、同じ株を3回測定して平均値を用いて解析した。

単糖類とスクロースの定量には、示差屈折計を検出器とした高速液体クロマトグラフ（LC10A型、島津製作所）を用いた。カラムはNH2P-50（昭和電工）、カラム温度は35°C、溶離液はアセトニトリル、流速は0.8 ml・min⁻¹とした。またASSを塩酸で加水分解してから、ソモギーネルソン法を用いてアルコール可溶性糖含量を測定した（上田, 2000）。減圧ろ過で残ったAISは、過塩素酸を処理してから遠心分離し、上澄み液のみを取り、フェノール硫酸法を用いて多糖類含量を測定した（中村, 1977; 佐々木, 1979）。

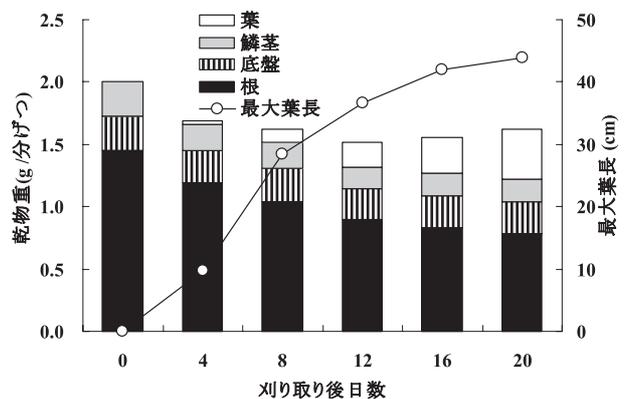
結 果

刈り取り時から刈り取り後20日目までの、各器官における分けつ当たりの乾物重と最大葉長を第1図に示した。葉は、刈り取り後12日間は急速な伸長を示したが、増加速度はその後低下して、20日目には43.8 cmとなった。葉の伸長に伴い、葉重は刈り取り後20日目に0.4 gまで増加し続

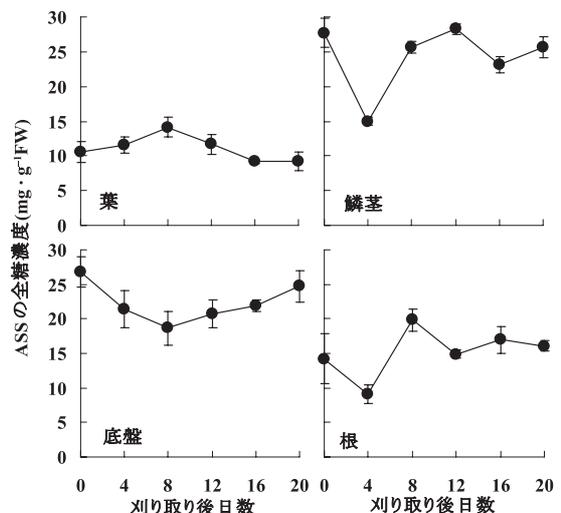
けたが、底盤と根は刈り取り時にそれぞれ0.28と1.45 gであったものがその後減り続け、刈り取り後20日目にはそれぞれ0.25と0.78 gとなった。また、2.0 gあった全乾物重は、刈り取り後12日目には最も少ない1.52 gまで減少したが、その後増加して刈り取り後20日目には1.62 gとなった。

各器官のASS全糖濃度を調べた結果（第2図）、器官によって濃度の推移は異なった。葉では刈り取り後8日目まで増加し、その後減少したが、底盤では逆の増減パターンを示した。鱗茎と根のASS全糖濃度は、刈り取り後4日目に一時的に低い値となり、その後増加してから大きな変化はみられなかった。

第3図に、各器官におけるASS全糖含量を示した。ASS全糖含量は、刈り取り時には分けつ当たり185 mgあったが、刈り取り後4日目には、鱗茎と根で急激に減り、107 mgとなった。しかしその後、葉と鱗茎における含量の増加によって、刈り取り後20日目には分けつ当たり190 mgまで増加した。しかしこの時点でも、鱗茎+底盤+根のASS全糖

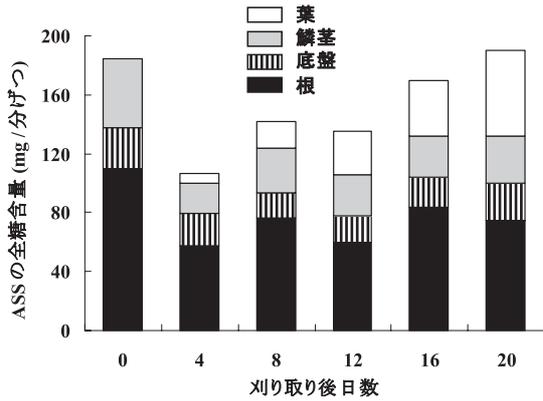


第1図 刈り取り後20日間の最大葉長および各器官の乾物重

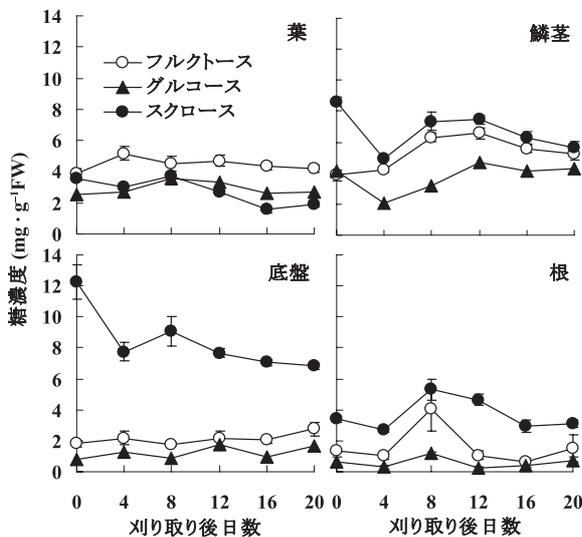


第2図 各器官における刈り取り後20日間のASSの全糖濃度の推移

図中の縦線は、標準誤差 (n=5) を示す



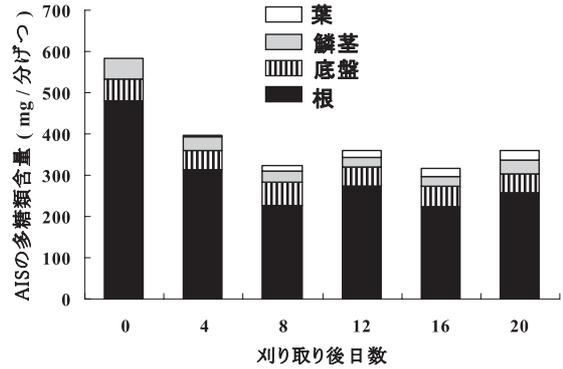
第3図 刈り取り後20日間のASSの全糖含量



第4図 各器官における刈り取り後20日間のASS中フルクトース、グルコース、スクロースの濃度
図中の縦線は、標準誤差 (n=5) を示す

含量は132 mg程度で、刈り取り時の71.4%であった。ASS全糖含量について、株全体に対する根の比率を見ると、刈り取り時は59.3%で最も高かったが、その後減り続け、刈り取り後20日目に最も低い39.2%を示した。

ASSの分析により、糖としては主にグルコース、フルクトースおよびスクロースの3種類が検出された。第4図には、刈り取り後20日間の、各器官におけるこれら3種類の糖濃度を示した。葉ではフルクトース濃度が最も高かったが、鱗茎、底盤および根ではスクロース濃度が最も高かった。特に底盤ではスクロース濃度が極めて高かった。濃度の変化を見ると、葉では刈り取り後大きな変化はみられなかったが、鱗茎と底盤では、刈り取り後4日目にスクロース濃度が急激に低下した。特に鱗茎の場合、スクロースとグルコースが刈り取り時にはそれぞれ8.62と4.13 mg・g⁻¹であったが、刈り取り後4日目には4.92と2.09 mg・g⁻¹まで低下し、その後増加する傾向を示した。根の場合、刈り



第5図 各器官における刈り取り後20日間のAISの多糖類含量

取り時と刈り取り後20日目の糖濃度は同程度であったが、刈り取り後4日から8日目にかけてスクロースとフルクトース濃度が一時的に増加する傾向が見られた。

第5図には、各器官の多糖類含量を示した。多糖類のほとんどは、根と底盤に存在した。これら器官の多糖類含量の合計は、いずれの時期でも株全体の多糖類含量の90%前後を占めた。特に根における多糖類含量は多く、株全体の70%以上を占めていた。全体量は、刈り取り時に1分げつ当たり584 mgあったが、その後減少し、刈り取り後16日目に316 mgまで低下して、20日目には360 mgであった。

考 察

刈り取り直後のニラ植物体は、地上部における光合成能が失われた状態であり、葉の再生は、残された器官に貯蔵されていた栄養分と、新しく吸収された養水分に依存する。刈り取り後、葉の再生によって地上部の重量は増加するが、底盤や根の乾物重は、刈り取り後12日目以降でも減少し続けた。このことは、葉が伸長して光合成能力が増加してきた時点でも、根や底盤からの地上部への栄養供給が続いていることを示している。

刈り取り後のASSの全糖濃度や含量の著しい変化は、葉における全糖濃度を維持するために鱗茎や根の糖が葉に転流し、積極的に使用されていることを示している。特に、刈り取り後4日目の鱗茎と根でのASS全糖濃度の著しい低下は、葉の急速な成長のためのエネルギー源として使われているためであると考えられる。

Moorby (1970) はジャガイモで塊茎の急速な成長の際、他の茎でエタノール不溶性¹⁴Cが著しく減少すると報告した。またHo・Rees (1976) はチューリップの¹⁴Cトレーサー実験で、再成長期と開花期にソース器官での澱粉や多糖類の割合が急変するとしており、シンク能の高まりとソース器官での急激な糖類の変化との関連性を示唆している。ニラの場合も、刈り取りによって再生する葉がシンクに変わり、その結果として鱗茎や根の糖濃度の急激な変化があったものと思われる。

ASSの分析結果から、グルコース、フルクトースおよび

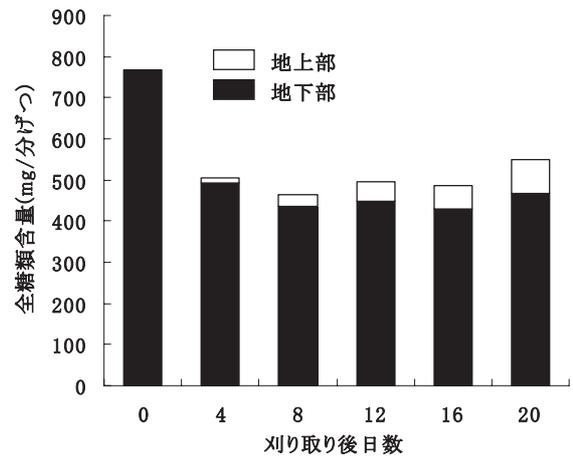
スクロースがニラの転流糖と考えられるが、特に鱗茎、底盤および根でスクロース濃度が高く、刈り取り直後に急激に低下することから、主な転流糖はスクロースであると推測できる。さらに、刈り取り後4日目に見られた鱗茎のグルコースとスクロース濃度の一時的低下は、刈り取り後の葉の急速な成長のために、最も近い器官からこれら二種の糖が供給されたためであると推測される。葉がまだ十分に成長しておらず光合成能力が十分でない刈り取り後8日目の、根におけるフルクトースとスクロースの一時的増加は、刈り取り後に葉の急速な成長に伴って生じた鱗茎や根の糖濃度の低下を補うために、貯蔵養分としてのデンプンや多糖類が分解した結果であるものと考えられる。

一方、各器官のAISの多糖類含量の推移は、ASS全糖とは異なるパターンを示した。特に底盤と根では糖類のほとんどがAIS多糖類であり、その含量は、刈り取り後著しく減少したが、その減少は8日目から緩慢になった。

刈り取り後、葉でのASS全糖含量の増加が大きいことと、その期間のAIS多糖類含量の減少の推移からみて、根のAIS多糖類が還元糖や重合度の低い糖に変化し、葉へ転流されたものと推察される。

同じユリ科植物であるアスパラガスでは、根にフルクタンを蓄積する(日笠ら, 1991; 金・崎山, 1989)。ワケギの場合は、葉鞘基部の主な成分は非構造性炭水化物であり、その主成分としてフルクトース、グルコース、スクロースおよび重合度が3~10程度のフラクタンが含まれていること、また、これらの糖は蓄積過程において重合度の高い糖に変わること、などが報告されている(山崎ら, 2001)。これらから推測すると、ニラでのAIS多糖類の主な成分として、フルクタンやデンプンなど、重合度の高い多糖類が考えられる。Pollock (1984)は、一般にフルクタンを貯蔵糖とする植物はスクロースが転流糖であるとしており、本実験の結果を裏付けしている。

安・池田(2006)は、 ^{13}C を用い、ニラの刈り取り後同化産物の転流を調べた結果、刈り取り後はりん茎や根から ^{13}C の転流が多くなるが、再生葉の同化能力の上昇によって、貯蔵器官に対する依存度は低下すると報告した。しかし、本実験でASSとAISのすべての糖類を合計して見ると(第6図)、刈り取り時には、1分げつ当たり約770 mgあったものが、刈り取り後8日目には約60%の464 mgまで減少した。その後、葉の成長に伴って増加し、刈り取り後20日目には約550 mgまで回復した。刈り取り時には糖類すべてが貯蔵されていたものと考えれば、刈り取り後8日目までに約40%が消費されたことになる。また、刈り取り後20日目には、株全体では刈り取り時の約72%まで、地下部だけでは約61%まで回復した。刈り取り後の温度や日射、養水分管理などの外部要因によって程度は変わると考えられるが、本実験で調査した20日間だけでは、糖類含量の完全な回復はみられなかった。すなわち、葉が収穫可能な大きになっても貯蔵器官への依存度は残っているため、す



第6図 刈り取り後20日間の全糖類含量
全糖類含量はASSとAISの全糖類含量の合計である
地下部は茎+底盤+根を示す

ぐ刈り取るならば、収穫を繰り返すことで、貯蔵養分の大幅な減少を生じることになる。ニラの収穫回数が多くなったり、花茎が伸びたりすることで収量が減少する(Kimら, 1998)ことも、このような貯蔵養分の減少によるものと考えられる。

以上のように、ニラの刈り取り後の重量や糖類含量の変化から、鱗茎、底盤および根は、葉の再生時に栄養を供給するための栄養貯蔵器官であることが示された。特に、乾物重の変化から根は大きな栄養貯蔵器官で、刈り取り後20日間以上にわたって地上部に栄養を供給し続けることが推測できた。また、刈り取り後の葉の再生のために貯蔵器官の貯蔵養分は葉に転流され、その結果として、糖類含量が著しく減少することが明らかにされた。一方、刈り取り後16日目以降になると、糖類含量が増加に転ずることから、葉の成長量が緩慢になり、葉でのエネルギー要求の減少と光合成産物の再蓄積が起こるものと考えられた。今後、本実験で確認できた刈り取り後の糖の変化や各器官の役割の結果を基に、刈り取り前後の各器官での養分消費や蓄積について、量的な観点からの検討が必要とされる。

摘 要

ニラの刈り取り後の生育特性や炭水化物の分配を詳細に理解するために、ニラを砂耕して、葉、底盤部、鱗茎および根に分け、刈り取り後20日間の器官別の重量と糖含量の変化を調べた。

植物体乾物重は刈り取り12日後まで減り続け、その後、増加したが、葉の長さが40 cmを超えて刈り取り可能となった20日後でも、刈り取り時の80%程度であった。特に根の乾物重は刈り取り後減少を続け、20日後には刈り取り時の約50%になり、ニラの根は炭水化物の貯蔵器官としての役割が大きいことが示された。

葉ではフルクトースが、その他の器官ではスクロースが

多かった。スクロースは底盤部で特に多かったが、刈り取り4日後にはいずれの器官でも濃度が大きく低下した。植物体のアルコール可溶性糖含量は、刈り取り4日後で最少となり、その後、葉の伸長とともに増加して、刈り取り20日後には刈り取り時の含量を上回った。一方、多糖類含量は刈り取り8日後まで減り続け、その後はあまり変化しなかった。植物体の全炭水化物(糖類)含量は刈り取り8日後に最少(刈り取り時の60%)となっており、20日後でも刈り取り時の72%までしか回復しなかった。

引用文献

- 安 東赫・池田英男. 2004a. 播種時期を異にしたニラ (*Allium tuberosum* Rottler) ‘グリーンロード’の初期生育特性. 園学雑. 73: 266-271.
- 安 東赫・池田英男. 2004b. 播種時期を異にしたハウス栽培ニラ ‘グリーンロード’の収量と刈り取り後の再生に及ぼす気温の影響. 農業施設. 34: 257-263.
- 安 東赫・池田英男. 2006. ニラにおける収穫前後の¹³Cの吸収と転流. 園学雑. 75: 350-354.
- 日笠裕治・今田成雄・濱野 恵・長岡正昭. 1991. アスパラガス根部における糖含量と¹⁴C光合成産物の分配. 園学雑. 60 (別2): 326-327.
- Ho, L. C. and A. R. Rees. 1976. Remobilization and redistribution of reserves in the tulip in relation to new growth until anthesis. *New Phytol.* 76: 59-68.
- Kim, C. K., K. B. Choi and J. Y. Oh. 1998. Yield of Chinese chive as affected by frequencies of leaf harvesting and flower stalk cutting. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 39: 242-246.
- 金 永植・崎山亮三. 1989. アスパラガス貯蔵根における発芽前後の糖の変化. 園学雑. 58: 383-390.
- 木村 栄. 1991. 秋冬どりニラにおける保温時期, 収穫回数が収量と養分含有量に及ぼす影響. 園学雑. 60 (別1): 334-335.
- 小松秀雄・前田幸二・榎本哲也. 1998. ニラの促成栽培における‘スーパーグリーンベルト’の播種および定植時期, 栽植方法並びに株養成期間と生育, 収量・品質. 高知農技セ研報. 7: 97-104.
- 前田 敏. 1961. 牧草の刈取りの生理生態学的研究. II. 冬作イタリアンライグラスの刈取頻度による地上部再生長と株・根の消耗. 日作紀. 30: 31-34.
- Moorby, J. 1970. The production, storage, and translocation of carbohydrates in developing potato plants. *Ann. Bot.* 34: 297-308.
- 中村道徳. 1977. 澱粉の実験法と試験法—糖の定量法. p. 189. 澱粉科学ハンドブック. 二国二郎ほか共著. 朝倉書店. 東京.
- Pollock, C. J. 1984. Physiology and metabolism of sucrosylfructans. p. 97-114. In: D. H. Lewis (ed.). *Storage carbohydrates in vascular plants.* Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- 佐々木 堯. 1979. 植物試料中の澱粉の定量—過塩素酸抽出法. p. 5-6. 澱粉科学実験法. 鈴木繁男ほか共著. 朝倉書店. 東京.
- 上田悦範. 2000. 収穫物の評価と品質管理—化学成分の変化. p. 134. 応用植物科学実験. 山口裕文ほか共著. 養賢堂. 東京.
- 山崎博子・西島隆明・腰岡政二・三浦周行. 2001. ワケギの鱗茎の発達および休眠状態の変化に伴う葉鞘基部における炭水化物の動態. 園学雑. 70: 353-359.