

# バレイシヨの茎葉から塊茎への物質転流に伴う炭素・窒素化合物の再編成

誌名	日本土壌肥料学雑誌 = Journal of the science of soil and manure, Japan
ISSN	00290610
著者	大崎, 満 小松, 里香 田中, 明
巻/号	59巻3号
掲載ページ	p. 266-271
発行年月	1988年6月

# バレイシヨの茎葉から塊茎への物質転流に伴う 炭素・窒素化合物の再編成

大崎 満\*・小松里香\*\*・田中 明\*

キーワード バレイシヨ, ヘミセルロース, アスパラギン, 遊離アミノ酸, タンパク質構成アミノ酸

バレイシヨは生育の早い時期から塊茎が肥大し始め、光合成産物の茎葉への分配割合が小さくなり、葉面積の拡大が停止し、生育後期には茎葉の構成物質が一部は呼吸により消費されつつ、塊茎に再転流するため、穀実作物に比べて収獲指数が大きい<sup>1)</sup>。

塊茎はデンプンを主要成分とするが、乾物当たりの窒素含有率は穀実作物にはほぼ等しく、生育の少なくともある時期には茎葉と塊茎との間で光合成産物や窒素についての競合が起きる。

塊茎に集積するデンプンは初期光合成産物により、窒素は茎葉を構成する窒素化合物の分解・転流によりまかなわれる割合が高く、この葉よりの窒素の流出によって光合成能が低下し、「膜物質」(細胞壁物質)の減少が起り、枯死する<sup>2)</sup>。そして、葉、茎、塊茎間で遊離アミノ酸組成が著しく異なり<sup>3)</sup>、葉のタンパク質はその構成炭素の一部を呼吸により消費しつつ、窒素は転流形態に組み換えられ、塊茎に転流し、塊茎でその構成窒素化合物に再構成される。

以上の知見をふまえて、塊茎の肥大に伴う茎葉・塊茎における炭水化物(糖、デンプン)、細胞壁物質(セルロース、ヘミセルロース、リグニン)、窒素化合物(可溶性のアミノ酸・アミド〔以下アミノ酸類と略称〕、タンパク質を構成するアミノ酸類)の動態を解明する目的で本調査を行った。

## 1. 実験方法

硫安、過石、硫加で N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O 各 150 kg/ha を全層施肥した北海道大学農学部圃場に 60 cm×30 cm の栽植密度でバレイシヨ品種“男爵”を 1985 年 5 月 7 日に播種し、萌芽後 1 株 3 茎立とし、慣行法で管理した。

塊茎肥大開始期(播種後 42 日目、以後 42 日目と略

記)より 10~15 日間隔で 20 株の試料を採取し、葉、茎(葉柄、花房を含む)、塊茎に分け、枯死葉は随時採取し、葉に加え、それぞれを 80°C で通風乾燥後、秤量、粉碎し、化学分析を行った。また、これとは別にアミノ酸分析用に、各部位ごとに新鮮物約 50 g を細断し、ビニール袋に入れて密封し、冷凍保存した。

ヘミセルロース、セルロース、リグニンはデタージェント法<sup>4)</sup>により分析した。すなわち、粉碎試料もラウリル硫酸ナトリウムを主剤とする中性デタージェント溶液で煮沸したのち、濾過し、残渣を中性デタージェント繊維(NDF、細胞膜成分でセルロース+ヘミセルロース+リグニン+SiO<sub>2</sub>)とし、NDF をセチルトリメチルアンモニウムプロミドを 1 N 硫酸に溶かした酸性デタージェント溶液で煮沸したのち、濾過し、酸性デタージェント繊維(ADF、セルロース+リグニン+SiO<sub>2</sub>)とし、ADF に 72% 冷硫酸を加えときき攪拌しながら 20~23°C で 4 時間放置後、濾過し、酸不溶物(主にリグニン+SiO<sub>2</sub>)とした。酸不溶物を灰化して重量法で SiO<sub>2</sub> 量を求め、酸不溶物と SiO<sub>2</sub> の差よりリグニン量を求め、ヘミセルロースは NDF と ADF の差より、セルロースは ADF と酸不溶物との差より求めた。

窒素化合物の分析は凍結乾燥試料そのものとエタノール可溶性画分(以下可溶性画分と呼ぶ)それぞれについて行い、試料そのものと可溶性画分の存在量の差よりエタノール不溶性画分(以下不溶性画分と呼ぶ)の値を求めた。可溶性画分は凍結試料 50 g に 70% エタノールを 100 ml 加えてミキサーで粉碎後、3 日間室温に放置後、濾過し、不溶物は 2 回エタノール抽出を繰り返し、全抽出液を一括し、約 1/10 量まで減圧濃縮後、凍結乾燥し、水を加えたのち、脱脂綿で濾過し、100 ml に定容後、凍結保存した。可溶性画分の各アミノ酸類含量は調整試料をアミノ酸自動分析計(日立 835 型)で分析した。試料そのものの全アミノ酸類含量は凍結保存した試料を凍結乾燥し、粉碎したのものについて 100 mg を直径 6 mm の管に取り、これに 6 N 塩酸 100 ml を加えて凍結、脱気後封管し、これを 105°C で 24 時間加水分解し、開封

\* 北海道大学農学部 (060 札幌市北区北 9 条西 9 丁目)

\*\* 同上(現在、札幌オーバーシーズコンサルタント 060 札幌市北 2 条西 3 丁目 札幌ビル)  
昭和 62 年 11 月 24 日受理  
日本土壤肥科学雑誌 第 59 巻 第 3 号 p. 266~271 (1988)

後濃縮乾固し、その後定容したものについて分析した。なお、加水分解を行うとアスパラギン、グルタミンは分解されてそれぞれアスパラギン酸、グルタミン酸になるので、単にそれぞれアスパラギン酸、グルタミン酸として表示した。通風乾燥試料の全窒素はケルダール法で分析し、粗タンパク質量は全窒素に 6.25 を乗じて求めた。

粗脂肪の定量はソックスレー抽出器を用い、エーテルで 24 時間抽出して行った。

灰分の定量は乾式灰化 (550°C) 法によった。

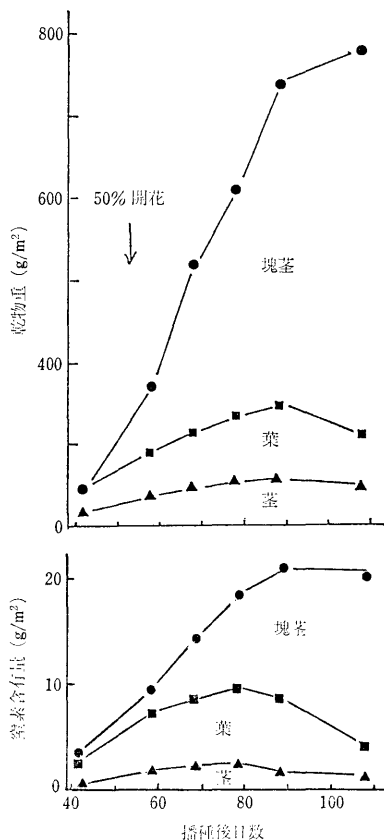
なお、全重から上記各構成成分含有率を差し引いた残りを「その他」とした。

## 2. 実験結果

### 1) 生育・各種体構成成分集積経過

1985 年は高温年で全生育期間は例年より約 2 週間短かったが、生育経過はこれまでの報告に比べてほぼ正常で、塊茎収量は 46 t/ha (乾物重 925 g/m<sup>2</sup>) であった。

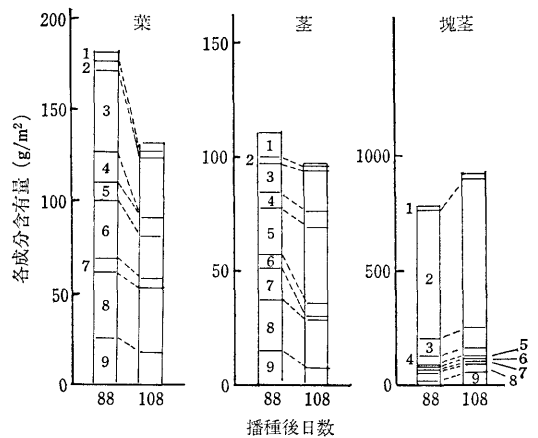
第 1 花房の 50% 開花は 53 日目、葉・茎重は 88 日目頃に最大となり、その後収穫期 (108 日目) にかけて



第 1 図 生育に伴う各部位の乾物重と窒素の集積経過

第 1 表 地上部最大期 (88 日目) と収穫期 (108 日目) における各成分含有率 (%)

成分	葉		茎		塊茎	
	88 日目	108 日目	88 日目	108 日目	88 日目	108 日目
粗タンパク質	24.1	13.4	10.5	8.8	9.8	10.1
糖・デンプン	5.5	6.9	11.9	2.9	76.3	73.3
セルロース	6.1	8.1	27.1	34.5	1.5	1.4
ヘミセルロース	8.5	—	6.3	7.3	5.7	3.4
リグニン	17.7	16.9	6.2	5.8	0.7	0.5
粗脂肪	3.7	3.6	3.4	1.5	0.4	0.4
粗灰分	20.0	27.3	20.2	21.7	5.1	5.1
その他	14.5	23.8	14.4	17.5	0.6	5.9



第 2 図 地上部最大期 (88 日目) と収穫期 (108 日目) における各成分含有量

- 1, 糖; 4, ヘミセルロース; 7, 粗脂肪;
- 2, デンプン; 5, セルロース; 8, 粗灰分;
- 3, 粗タンパク質; 6, リグニン; 9, その他.

減少し、塊茎重は開花後急速に増加するが、地上部最大期よりその増加速度は小さくなった (第 1 図上)。

窒素含有量は葉・茎では 78 日目で最大となり、その後とくに葉で大きく減少し、塊茎では収穫期まで増加し続けた (第 1 図下)。以上の傾向は前報<sup>2)</sup>と同様であった。

### 2) 地上部最大期から収穫期にかけての各種成分の変化

地上部最大期から収穫期にかけて粗タンパク質含有率は葉では著しく低下し、塊茎ではほぼ一定であった (第 1 表)。糖・デンプン含有率は葉ではあまり変化せず、茎で明らかに低下し、塊茎ではほとんど変化しなかった。セルロース含有率は葉・茎ではかなり上昇し、塊茎では変化なく、ヘミセルロース含有率は葉・茎ではほぼ変化なく、塊茎では低下し、リグニン含有率と粗脂肪含

第 2 表 地上部最大期 (88 日目) と収穫期 (108 日目) における可溶性アミノ酸類の組成 (%)

組 成	葉		茎		塊 茎	
	88 日目	108 日目	88 日目	108 日目	88 日目	108 日目
グリシン	1.0	1.3	0.7	1.7	0.8	0.8
アラニン	6.5	6.4	2.6	7.2	4.0	2.3
バリン	5.5	5.7	3.6	4.9	5.5	5.5
ロイシン	2.9	4.1	1.8	1.7	1.5	1.1
イソロイシン	3.4	3.0	2.3	1.9	2.6	2.5
セリン	3.6	3.1	3.0	3.7	2.0	1.8
スレオニン	3.6	3.4	1.0	3.0	1.8	1.5
プロリン	3.6	6.7	1.9	18.1	0.8	1.7
ヒドロキシプロリン	—	—	—	—	—	—
アスパラギン酸	11.8	10.9	15.2	14.7	2.4	3.5
グルタミン酸	9.2	13.6	11.7	7.1	4.1	5.9
アスパラギン	7.9	15.8	19.3	17.1	35.0	43.9
グルタミン	11.2	8.3	14.1	7.7	17.3	8.8
リジン	1.1	1.0	1.5	1.0	1.5	2.1
ヒスチジン	0.2	0.6	0.3	0.5	1.1	1.0
アルギニン	0.8	1.0	1.1	1.2	3.7	3.9
フェニルアラニン	2.5	2.8	1.6	1.4	2.0	2.4
チロシン	1.5	1.0	1.6	1.0	0.6	2.1
トリプトファン	0.7	0.5	—	0.4	0.5	0.6
シスチン	0.8	0.7	0.9	0.8	0.5	0.5
メチオニン	—	—	—	0.1	1.6	1.5
ベータアラニン	0.5	0.6	—	0.3	0.2	—
アルファアミノ酪酸	0.4	0.1	0.6	0.5	—	—
ガンマアミノ酪酸	18.8	8.2	6.0	2.8	7.3	6.3
エタノールアミン	2.6	1.3	3.2	1.5	0.2	0.4

有率は各部位とも変化しなかった。粗灰分含有率は葉で上昇し、茎・塊茎では時期によりあまり変化しなかった。

各体構成成分の存在量 (第 2 図) について述べると、地上部最大期から収穫期にかけて粗タンパク質含有量は葉で減少し、茎ではほとんど変化せず、塊茎では増加した。糖・デンプン含有量は葉では減少し、茎ではわずかに減少し、塊茎では著しく増加した。細胞壁物質 (セルロース、ヘミセルロース、リグニン) は葉では減少し、茎ではほとんど変化せず、塊茎でやや増加したが、これらの変化のうち、葉におけるヘミセルロース量の減少がとくに大きかった。

### 3) 地上部最大期から収穫期にかけてのアミノ酸類の変化

地上部最大期と収穫期における可溶性のアミノ酸類全量中のおのおののアミノ酸類の含有割合はアスパラギン酸では葉で 11%、茎で 15%、塊茎で 2~3% で、葉・茎で高く、時期的変化が小さい (第 2 表)。グルタミン

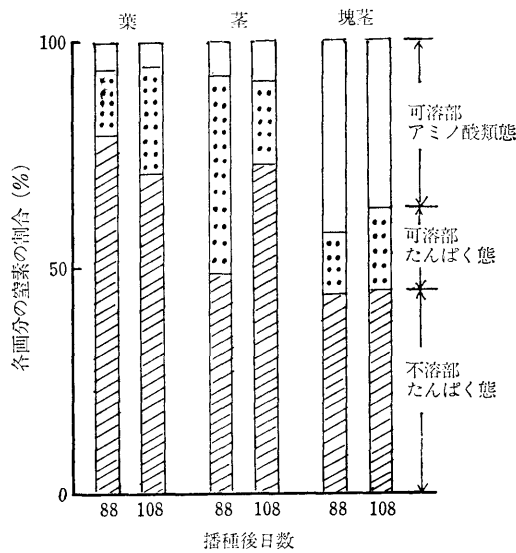
第 3 表 地上部最大期 (88 日目) と収穫期 (108 日目) におけるタンパク態アミノ酸類の組成 (%)

組 成	葉		茎		塊 茎	
	88 日目	108 日目	88 日目	108 日目	88 日目	108 日目
グリシン	7.0	6.0	7.1	7.1	4.7	4.0
アラニン	7.2	5.9	6.9	6.5	4.8	4.2
バリン	5.2	5.3	5.5	5.5	6.0	5.7
ロイシン	9.1	7.8	8.4	7.6	8.0	6.9
イソロイシン	4.2	4.3	4.4	4.8	4.7	4.1
セリン	4.7	5.8	5.7	6.3	4.9	4.6
スレオニン	4.3	5.1	4.7	5.1	5.2	4.4
プロリン	5.8	6.5	6.2	5.5	8.3	4.3
ヒドロキシプロリン	—	2.0	1.0	3.2	—	—
アスパラギン酸	11.4	14.5	11.5	12.0	9.9	14.4
グルタミン酸	12.0	13.9	11.5	14.5	14.6	16.9
リジン	6.8	4.9	7.5	6.3	7.5	6.9
ヒスチジン	2.4	1.7	2.5	1.9	2.2	2.3
アルギニン	5.7	4.6	5.2	4.7	5.7	6.1
フェニルアラニン	5.7	6.2	5.4	7.8	5.7	5.8
チロシン	4.1	3.0	0.5	0.8	3.4	3.7
トリプトファン	—	—	—	—	—	—
シスチン	0.6	0.4	—	—	0.7	1.1
メチオニン	2.1	1.7	—	—	1.3	1.7
その他*	2.0	0.6	6.1	0.6	3.0	3.2

\*  $\beta$ -アラニン、 $\alpha$ -アミノ酪酸、 $\gamma$ -アミノ酪酸、エタノールアミンのピークも認められたので、これらをその他として示した。

酸は葉で 9~14%、茎で 12~7%、塊茎で 4~6% で、生育後期に葉で上昇し、茎で低下した。アスパラギンは葉で 8~16%、茎で 19~17%、塊茎で 35~44% で、塊茎でとくに高く、葉・塊茎では生育末期に高まった。グルタミンは葉で 11~8%、茎で 14~8%、塊茎で 17~9% で、いずれの部位でも生育末期に低下した。ガンマアミノ酪酸は地上部最大期の葉で 19% と高く、収穫期に 8% に低下した。プロリンは茎で地上部最大期に 2% と低いが収穫期に 18% に高まった。その他の可溶性アミノ酸の含有割合は部位や生育時期によりあまり変化しなかった。

タンパク質を構成する全アミノ酸類全量中のそれぞれのアミノ酸類の含有割合は、可溶性のアミノ酸類に比べると生育時期や部位による変化は小さく、グルタミン酸、アスパラギン酸でそれぞれ 12~17、10~15% と大きく、ついでロイシン、アラニン、グリシン、リジン、バリン、イソロイシン、セリン、スレオニン、プロリン、アルギニン、フェニルアラニンで 4~9% で、ヒドロキシプロリン、シスチン、メチオニンなどは小さく、その他は微量であった (第 3 表)。



第3図 地上部最大期(88日目)と収穫期(108日目)における各画分の窒素の割合

上記の可溶性アミノ酸類分析結果より、可溶性アミノ酸類の全窒素量を求め、その値を可溶性窒素量から差し引いたものを可溶性タンパク態窒素とし、可溶性窒素に対する不溶性、可溶性タンパク態、可溶性アミノ酸類それぞれの窒素の割合を第3図に示した。可溶性アミノ酸類窒素の割合は両時期でほとんど変化せず、葉・茎では5~9%で、塊茎では37~43%と著しく大きかった。また可溶性タンパク態窒素の割合は茎の地上部最大期とくに大きく、葉の収穫期にもかなり大きかった。

### 3. 考 察

バレイシヨの生育経過は各器官乾物重の増減から(I)茎葉重のみが増加する時期、(II)茎葉重と塊茎重が並行して増加する時期、(III)茎葉重が減少し、塊茎重が増加する時期の3時期に分けることができる<sup>2)</sup>。

この実験の場合地上部最大期は88日目であったが、これに先立って、茎葉の窒素集積量は78日目に最大となり、収穫期まで減少した(第1図)。すなわち、II期の後半には茎葉の粗タンパク質量は減少し始め、続いて茎葉の乾物重が減少し、塊茎においてはデンプン・タンパク質の集積が盛んに行われる。また、茎葉における最大集積量と収穫期の存在量から単純計算すると、窒素および糖・デンプンについては茎葉に一度集積したものの茎葉からの減少量は、それぞれ53, 49%であり、この減少量は収穫期における塊茎の窒素集積量の36%、糖・デンプン集積量の1.6%に相当した。

細胞壁物質は主にセルロース、ヘミセルロース、リグニンよりなっているが、地上部最大期のセルロース、ヘミセルロース、リグニンの含有率(%)はそれぞれ葉で6, 8, 18, 茎で27, 6, 6, 塊茎で1.5, 6, 0.7であり、このうち収穫期に葉でヘミセルロースがほぼ消失し、セルロースが高まり、茎でセルロースが高まった(第1表, 第2図)。葉においては細胞壁物質のなかでヘミセルロースが分解されやすく、地上部最大期から収穫期に15 g/m<sup>2</sup>減少したが、これはこの間の葉の減量の30%に、塊茎の増量の10%に相当する。シカモア細胞についての研究<sup>5)</sup>によるとヘミセルロースはセルロースを除く種々の多糖類よりなり、細胞壁には約10%の構造タンパク質が含まれるという。吉野ら<sup>6)</sup>はイネにおいてヘミセルロースが再利用される可能性について述べている。これらのことから、バレイシヨにおいても、生育の後期に葉のタンパク質の分解に伴って、ヘミセルロースが分解するとも考えられる。

全窒素に占めるそれぞれの画分の窒素の割合は葉では両期間での変化が小さく、不溶部が71~80%と大きく、可溶性タンパク態が14~25%、可溶性アミノ酸類が5~6%であり、塊茎でも両期間での変化が小さく、不溶部が44~47%、可溶性タンパク態が13~17%で、可溶性アミノ酸類が37~43%と大きな割合であった(第3図)。地上部最大期から収穫期に窒素の吸収はほとんどなく、4 g/m<sup>2</sup>の窒素が葉より塊茎に再転流し、この間、葉や塊茎では特定の画分が集中的に増減することはない。子実には可溶性アミノ酸類はあまり存在しない<sup>7,8)</sup>が、バレイシヨの塊茎ではこの割合がきわめて大きく、今後この可溶性アミノ酸類の生理的意義についての検討が必要と考える。

可溶性アミノ酸類中の構成化合物の割合は生育時期、部位により著しく異なっている。地上部最大期の葉ではガンマアミノ酪酸(19%)、収穫期の茎でプロリン(18%)の割合が高いが、その他の場合にはアスパラギン酸、グルタミン酸、アスパラギン、グルタミンの割合が常に高く、しかも部位や時期によってこれらアミノ酸類の割合は大きく変動するので、これらが窒素の葉から塊茎への転流・再構成に際して重要な役割を果たしていると考えられる。葉、茎、塊茎へと移行するに従ってアスパラギン酸、グルタミン酸は低下し、グルタミンはあまり変化しないか、やや増加し、アスパラギンが著しく高まる傾向にあり、塊茎で35~44%(窒素ベースで41~52%)に達する。DAVIES<sup>9)</sup>がいろいろな品種、地域、年次の91の塊茎について可溶性アミノ酸類の組成を調査した結果によると、アמיד含量は常に高かったが、

第 4 表 各画分における全アミノ酸類の C/N 比 (モル数)

葉のタンパク態アミノ酸類	3.50
葉の可溶性アミノ酸類	3.16
茎の可溶性アミノ酸類	2.96
塊茎の可溶性アミノ酸類	2.66
塊茎のタンパク態アミノ酸類	3.66

グルタミンがアスパラギンより多い例もあったという。

タンパク態の各アミノ酸の組成は、可溶性アミノ酸に比べて部位や生育時期にかかわらず非常に類似していた(第 3 表)。アスパラギン酸は 10~15%、グルタミン酸は 12~17% と他の成分に比べて多いが、可溶性アミノ酸類におけるグルタミン酸(グルタミンも含む)の 15~25%、アスパラギン酸(アスパラギンも含む)の 20~45% に比べて低い値であり、これに対応してタンパク態のアミノ酸では、グリシン、ロイシン、リジン、アルギニン、フェニルアラニンの割合が高い。

以上のごとく、タンパク態アミノ酸類と遊離アミノ酸類で組成が著しく異なり、遊離アミノ酸類においてもアスパラギンの割合が葉、茎、塊茎の順で高まる。そこで、地上部最大期と収穫期の各アミノ酸類組成を平均した値を用いて、全アミノ酸類中の C/N 比を試算すると、葉のタンパク態アミノ酸類で 3.50、葉の可溶性アミノ酸類で 3.16、茎の可溶性アミノ酸類で 2.96、塊茎の可溶性アミノ酸類で 2.66、塊茎のタンパク態アミノ酸類で 3.66 であった(第 4 表)。すなわち、葉のタンパク質のアミノ酸が転流形態に変わり、塊茎に転流し、塊茎での可溶性アミノ酸類を構成する間に、窒素 1 モルに対して炭素は約 1 モル減少した。さらに、塊茎の可溶性アミノ酸類から塊茎のタンパク質を構成する際に、窒素 1 モルに対して炭素は約 1 モル増加した。

井上・田中<sup>2)</sup>はバレイショで茎葉中のタンパク質構成成分となった炭素は、タンパク質の分解による窒素の塊茎への再転流に際し、転流窒素化合物の構成炭素として行動をともにするのではなく、一部呼吸により消費されると報告している。また、イネの登熟期において、初期光合成産物はすみやかに穂に移行し、そこで一部を呼吸により消費しつつ穂の構成成分となり、一方、茎葉では貯蔵物質を基質とする呼吸が旺盛であり<sup>10)</sup>、この呼吸は一般に維持呼吸と呼ばれているものに相当し<sup>11)</sup>、タンパク質の turn over などと関連が深いと考えられている<sup>12)</sup>。

以上のことから、葉のタンパク質を構成するアミノ酸類が葉身から塊茎に転流する間に、一部を呼吸で消費され、アミノ基転位や新たな炭素も加わって塊茎の遊離ア

ミノ酸類となり、この遊離アミノ酸類に葉より転流してきた初期光合成産物の炭素が加わり、一部を呼吸で消費しつつ、塊茎のタンパク質が構成されるものと考えられる。

#### 4. 要 約

バレイショ品種“男爵”の葉、茎、塊茎について、地上部最大期と収穫期に乾物、糖・デンプン、窒素、セルロース、ヘミセルロース、リグニン、可溶性アミノ酸類、タンパク態アミノ酸の量的変化を調査し、以下の結果を得た。

1) 茎葉では窒素量が 78 日目に最大となり、ついで乾物量が 88 日目に最大となり、その後収穫期まで低下した。また、茎葉における糖・デンプンの集積はきわめて少なかった。茎葉における最大集積量と収穫期の存在量から単純計算すると、茎葉からの減少量は収穫期における塊茎の窒素集積量の 36%、炭水化物集積量の 1.6% に相当した。

2) 葉の細胞壁を構成する物質のうち、地上部最大期から収穫期にかけて、ヘミセルロースが著しく減少し、セルロース、リグニンはあまり変化しないか、やや増加した。

3) 窒素を可溶性アミノ酸類、可溶性タンパク質、不溶性タンパク質に分けると、塊茎において可溶性アミノ酸類窒素の割合が約 40% と著しく大きかった。

4) 可溶性画分中の主要なアミノ酸類はアスパラギン酸、グルタミン酸、アスパラギン、グルタミンで、それらの全アミノ酸量に対する割合は生育時期や部位による変動が大きく、葉、茎、塊茎へと向かうにつれてアスパラギンの割合が高くなり、塊茎においては約 40% に達した。

5) タンパク態を構成する各種アミノ酸類の割合は葉、茎、塊茎間や生育時期にかかわりなくほぼ一定で、グルタミン酸、アスパラギン酸が比較的多く、それぞれ全アミノ酸量中の約 15% を占めた。

6) タンパク態アミノ酸類と遊離アミノ酸類組成が葉と塊茎で大きく異なることから、炭素の組換えが著しいと推定される。

#### 文 献

- 1) TANAKA, A. and OSAKI, M.: Growth and Behavior of Photosynthesized <sup>14</sup>C in Various Crops in Relation to Productivity. *Soil Sci. Plant Nutr.*, **29**, 147~158 (1983)
- 2) 井上晴喜・田中 明: バレイショの生育にともなう炭水化物・タンパク質の茎葉・塊茎における集積・転流、土

- 肥誌, 55, 43~49 (1984)
- 3) 西内義男・岡沢養三：馬鈴薯の遊離アミノ酸に関する研究, 第1報, 生育中における馬鈴薯植物体の遊離アミノ酸の消長, 北大農学部邦文紀要, 6, 275~283 (1967)
  - 4) 綾野雄幸：食物繊維の分析法, 食物繊維, 印南 敏・桐山修八編, p. 38~45, 第一出版, 東京 (1982)
  - 5) ALBERSHEIM, P.: The Primary Cell Wall and Control of Elongation Growth; in Plant Carbohydrate Biochemistry, ed. J.B. PRIDHAM, p. 145~181, Academic Press, London (1974)
  - 6) 吉野 実・村山 登：水稻の登熟過程における物質の動態に関する研究(第4報), 土肥誌, 30, 302~306 (1960)
  - 7) INGEL, J., BEITZ, D. and HAGEMAN, R.H.: Changes in Composition during Development and Maturation of Maize Seeds. *Plant Physiol.*, 40, 835~839 (1965)
  - 8) TSAI, C.Y., SALAMINI, F. and NELSON, O.E.: Enzymes of Carbohydrate Metabolism in the Developing Endosperm of Maize. *ibid.*, 46, 299~306 (1970)
  - 9) DAVIES, A.M.C.: Free Amino Acids of Potato Varieties Grown in England and Ireland. *Potato Res.*, 20, 9~21 (1977)
  - 10) 大崎 満・田中 明：水稻の呼吸基質としての“初期光合成産物”と“貯蔵物質”, 土肥誌, 50, 540~546 (1979)
  - 11) 大崎 満・田中 明：水稻における“初期光合成産物呼吸および貯蔵物質呼吸”と“生長呼吸および維持呼吸”の相互関係, 同上, 53, 93~98 (1982)
  - 12) PENNING DE VRIES, F.W.T.: The Cost of Maintenance Processes in Plant Cells. *Ann. Bot.*, 39, 77~92 (1975)

### Reformation of Carbon- and Nitrogen-Compounds during the Translocation of Materials from the Shoot to the Tubers in Potato

Mitsuru OSAKI, Rika KOMATSU and Akira TANAKA

(*Fac. Agric., Hokkaido Univ.*)

1) Amounts of dry matter, sugars, starch, cellulose, hemicellulose, lignin, free amino acids (including amides), and protein-amino acids in the leaves, stems, and tubers of potato were determined at the maximum shoot-weight stage and at maturity.

2) Amount of total nitrogen and dry matter in the shoot reached maximum values at 78 days and 88 days after planting, respectively, and then decreased considerably, especially in nitrogen till maturity. Only a small amount of sugars-and-starch (carbohydrates) accumulated in the shoot. The amounts of nitrogen translocated from the shoot to tubers occupied 36% of nitrogen in the tubers at maturity. The percentage was only 1.6% in carbohydrates.

3) During the course of dry matter decrease in the shoot at late growth stages, in the leaves the amount of hemicellulose decreased considerably, but those of cellulose and lignin were kept almost constant.

4) In the tubers, the percentage of free amino acids-N on the base of total-N was as high as 40% throughout growth.

5) Major free amino acids in the leaves and the stem were aspartate, glutamate, asparagine, and glutamine; proportions of various amino acids varied with age and by organ; the percentage of asparagine to total amount of free amino acid increased from the leaves to stems, and then to the tubers, and it was as high as 40% (50% in N-base) in the tubers.

6) Composition of amino acids of proteins were almost consistent regardless of organ and age. Among amino acids, glutamate and aspartate were relatively abundant (15%).

However, amino acid composition of proteins in an organ differed from that of free amino acids in the organ. These facts suggest that during the course of translocation of nitrogen from the leaves to tubers, complicated reorganization of carbon of amino acids takes place in the leaves and again in the tubers.

*Key words* potato, hemicellulose, asparagine, free amino acids, protein-amino acids

(*Jpn. J. Soil Sci. Plant Nutr.*, 59, 266-271, 1988)