

小豆における炭水化物の消長と生育との関連*

沢 口 正 利** 野 村 琥***

小豆2品種(茶殻早生, 栄小豆)を供試して作物体部位別に炭水化物の消長を検討した結果, 糖, でんぷん濃度の高まる時期が部位によって異なり, 炭水化物集積部位が葉身, 葉柄, 茎, 莢殻, 子実の順に移るものと考えられた。また, 炭水化物の動向を生育と関連づけてみると, 7月中旬頃までの生育初期段階は光合成産物が体構成に十分利用されず, 葉身中に集積する生育蓄積期であり, その後, 開花始までは茎葉中の糖濃度が一時的に低下し, 開花以後の生長に備える準備期とみられ, 開花以後8月中旬の子実肥大開始頃までは葉柄中の炭水化物が急増し, 栄養, 生殖両生長に逐次利用される生長拡大期であり, それ以後8月下旬の栄養生長が最大に達するまでの期間は炭水化物の集積部位が茎, 莢殻に移り, 安定生長期と考えられた。さらに, 収穫期までは生殖生長が主体であり, 子実への炭水化物の転流, でんぷんとしての蓄積が進み, 生殖充実期と考えられた。一方, 両品種の炭水化物動向を比較して, 「茶殻早生」では source が sink を上回る傾向がみられ, 「栄小豆」では逆の傾向がうかがわれた。

緒 言

小豆は菜豆と同様に“でんぷん作物”として, 炭水化物の子実への蓄積程度が収量として判定されるので, この収量形成を栄養生理的に解析する上で光合成産物である炭水化物の動向を把握することは重要と考えられる。

豆類における炭水化物消長の研究のうち, 大豆に関しては多くの報告^{1, 2, 5, 10)}があり, また菜豆についても, 田中ら^{7, 8)}が source-sink 関係解析の一環として詳細に報告している。しかし, 小豆に関しては栄養生理的研究の不足と相まって, 子実の発育⁹⁾あるいは品質面での報告以外に, 全体的な生育, 収量形成と関連づけて炭水化物の動向を調査した例は見当たらない。

一方, 小豆の生育過程において, 開花期, 莢伸長期, 子実肥大期, 登熟期などの名称が用いられているが,

これらの期は生育形態上の名称であって, 作物体内の栄養生理的状态と関連づけた検討はなされていない。

したがって, 小豆の生育相を栄養生理的に位置づけることも収量形成を解析する上で必要と考えられる。

既報⁶⁾では, 小豆の一般的な生育経過および体内窒素の動態を主体に報告したが, 本報では, 生育期間中の各部位における炭水化物の消長を調査し, その推移と生育形態との対比より栄養生理的観点からの生育期の設定を試みた結果について報告する。

なお, 本報告の御校閲と貴重な御助言をいただいた十勝農業試験場斉藤正隆場長, 同じく大崎玄佐雄土壤肥料科長に深甚の謝意を表する。

試 験 方 法

本試験は1975年, 十勝農試圃場で実施された。供試品種としては, 「茶殻早生」(早生), 「栄小豆」(中生)の2品種を用い, 施肥量は標準施肥量($N-3.0, P_2O_5-12.0, K_2O-8.0, MgO-4.5$ 各 $kg/10a$)として, それぞれ硫酸, 過石, ようりん半量づつ, 硫酸で作条施用した。畦巾60cm, 株間20cmの栽植密度で5月26日に播種し, 発芽後, 初葉展開時に間引いて2本立とした。

第1本葉展開後ほぼ10日間隔で地上部作物体を採取

1980年12月1日受理

* 本報告の一部は日本土壤肥料学会昭和52年度栃木大会(1977年4月)で発表した。

** 北海道立十勝農業試験場, 082・河西郡芽室町

*** 同上(現北海道立中央農業試験場, 069-13夕張郡長沼町)

表 1 作物体採取時期

時期	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
茶 殻 早 生	7 月 3 日	7 月 17 日	7 月 28 日	8 月 5 日	8 月 14 日	8 月 25 日	9 月 3 日	—	9 月 16 日
栄 小 豆	"	"	"	"	"	"	"	9 月 11 日	9 月 28 日
播種後日数	38	52	63	71	80	91	100	108	113 125
生 育 過 程	第 1 本葉 展開			第 3 本葉 展開			第 5 本葉 展開		
				開花始			成熟期		
				開花期					
				英伸長肥大期			子実肥大期		

し、葉身、葉柄、茎、莢殻、子実の 5 部位に分別した後、風乾、微粉碎して分析に供した。試料採取の時期は表 1 に示した通りである。

さらに、葉位別葉の比較検討のため、葉身、葉柄について次のように 3 段階に区分し、上記と同様の処理を行って分析に供した。

下位葉（初葉より開花始までに展開した葉）

初葉、主茎第 1～5 本葉、第 1, 2 分枝の第 1～2 葉。

中位葉（開花以後子実肥大開始までに展開した葉）

主茎第 6～8, 9 葉、第 1, 2 分枝の第 2～3 葉、第 3 分枝の第 1～2 葉。

上位葉（子実肥大開始以後展開した葉）

上記以外の全葉

下位、中位、上位葉柄は上記葉身に付随する各葉位の葉柄

炭水化物の分析法は、各試料を 80% 熱アルコールで抽出後、抽出液について除たんぱくした糖液中の還元糖を測定し、糖液を加水分解して全糖を定量し、全糖より還元糖を差引いて非還元糖とした。アルコール抽出の残渣について 4.6 N 過塩素酸抽出によるでんぷんを定量した。各糖の定量法としては SOMOGYI 法により、それぞれグルコース濃度として表示した。

試験結果

1. 生育概況および収量

本試験を実施した 1975 年は 6 月下旬より 7 月中旬にかけて不順な気象条件で推移し、このため初期生育は若干遅延した。しかし、7 月後半からの天候の回復により生育は順調となり、開花始は「茶殻早生」で 7 月 28 日、「栄小豆」で 7 月 29 日と平年より 2～3 日遅れにとどまった。

表 2 より、開花始の草丈は両品種とも 20～22 cm でほとんど差はみられなかったが、開花以降、「栄小豆」は旺盛な生育を示し、成熟期の草丈は「栄小豆」64.9 cm、「茶殻早生」33.9 cm と「栄小豆」がほぼ 2 倍近い値を示した。

9 月の登熟期は昼夜の温度較差が小さい温暖な日が続く、「栄小豆」では 2 次生長気味の生育がみられ、莢の登熟は進んでも茎葉の枯上りが不十分な現象がみられた。成熟期は「茶殻早生」で平年より数日遅れの 9 月 16 日であったが、「栄小豆」では茎の枯上りが不十分でも全莢の 80% が熟莢に達した 9 月 25 日を成熟期と判定した。

表 2 一般生育経過及び収量結果

品 種	発芽始 月 日	開花始 月 日	成熟期 月 日	生育日数 日	生 育 調 査					収 量 調 査			
					開 花 始		成 熟 期			収量 kg/10a		子実重歩合 %	千粒重 g
					草丈	分枝数	草丈	分枝数	着莢数	総重	子実重		
					cm	本	cm	本	ヶ				
茶 殻 早 生	6. 7	7. 28	9. 16	113	20.1	3.4	33.9	3.0	39.1	344.4	218.9	63.6	102.5
栄 小 豆	6. 7	7. 29	9. 25	125	22.4	3.8	64.9	3.6	52.9	443.9	262.2	59.1	112.5

収量は、「茶殻早生」が218.9kg,「榮小豆」が262.2kgで、生育の進んだ「榮小豆」の収量が高く、千粒重も「茶殻早生」より10g程度高かった。しかし、子実重歩合では「茶殻早生」が60%以上であったのに比べて、「榮小豆」では59%とやや低い値であった。

時期別に採取した各部位の乾物重推移を図1に示した。

両品種とも総乾物重は開花始（播種後63～64日）以後急激に増大し、最大重量を示した時期はおおよそ、「茶殻早生」で9月上旬（播種後100日前後）,「榮小豆」で9月中旬（播種後110日前後）であった。

各部位とも生育の進行に伴ってその重量を増して行き、葉身重は両品種とも8月中旬（播種後80日前後）に最大に達し、その後,「榮小豆」では9月上旬まで同程度の重量で推移したが,「茶殻早生」では低下した。葉柄重も葉身とはほぼ同様の推移であり、莖重は8月下旬（播種後90日前後）に最高値を示した。8月中旬以

降、莢実の伸長、肥大が進んで、その重量も増大し、莢殻は「茶殻早生」が8月下旬以降,「榮小豆」が9月上旬以降はほぼ一定の重量で成熟期まで推移した。子実は8月下旬以降急激に重量を増すが,「茶殻早生」では9月上旬以降に,「榮小豆」では9月中旬以降になるとその増加の程度は鈍った。

なお、部位別重量は両品種とも葉身>葉柄>莖の順で推移し、最大総重量は「茶殻早生」が20.1g,「榮小豆」が27.5gであった。

2. 全糖の消長

各部位の全糖濃度推移を図2に示した。

葉身の全糖濃度は両品種とも開花前に高濃度を示し、とくに、7月中旬（播種後50日前後）に全期間を通じて最も高い濃度を示した。開花始の時期に一時低下の現象がみられたが、開花以後は再び上昇して8月上旬（播種後70日前後）に一つの山を作って以後は低下した。葉柄は生育の進行と共に濃度は急上昇し,「茶殻

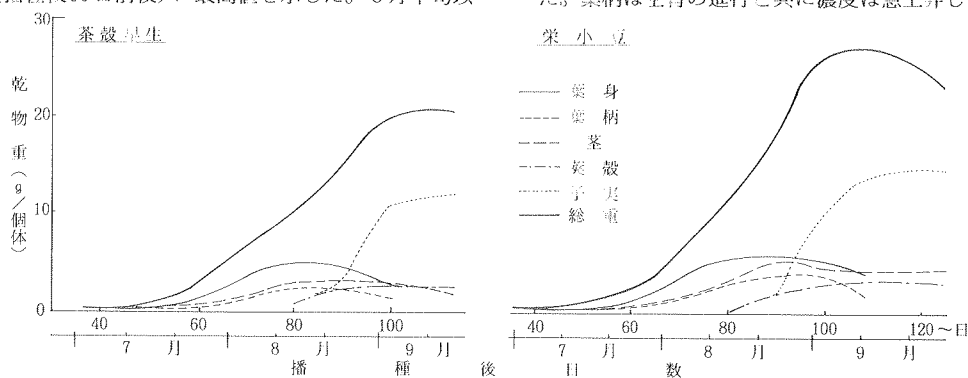


図1 部位別乾物重の推移

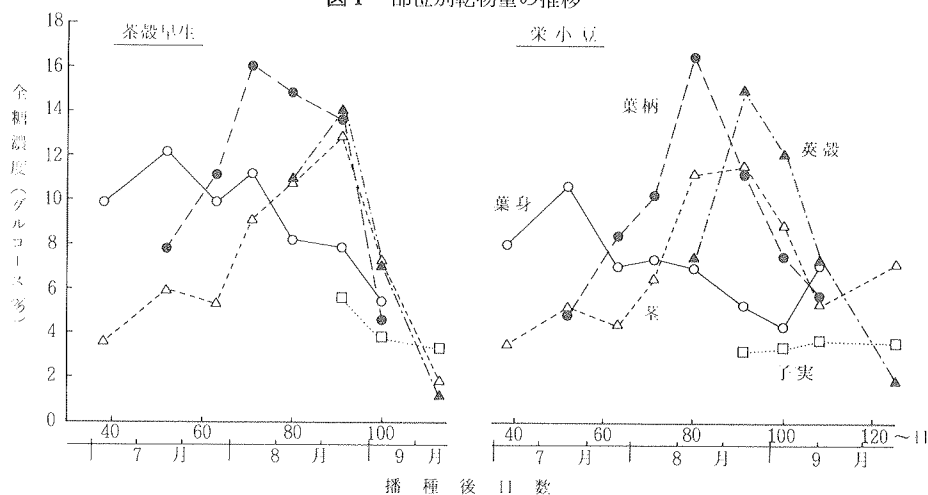


図2 全糖濃度の推移

早生」では8月上旬,「栄小豆」では8月中旬(播種後80日前後)にそれぞれ16%以上の高濃度を示し,以後は成熟期まで低下した。

茎も生育初期に4%以下の低い値を示し,生育が進むに従って全体的に高まったが,ピークに達する時期は葉柄より遅れて,両品種とも8月下旬(播種後90日前後)であった。葉身と同様に茎でも開花始における濃度の一時低下現象がみられた。莢殻は当初から「茶殻早生」で11%,「栄小豆」で7.4%の高濃度を示し,さらに上昇して8月下旬に14%前後となり,以後急激に低下した。また,子実は「茶殻早生」で若干低下したが,「栄小豆」では同程度の濃度で推移し,成熟期で

は両品種とも3.5%程度であった。

なお,各時期の全糖濃度を品種別に比較すると,8月下旬頃までは「茶殻早生」が「栄小豆」を凌駕する傾向であった。

各部位別全糖含量推移を図3に示した。

生育の進行に伴って各部位の全糖含量は増大し,一つの山を作った後成熟期まで低下する傾向がみられた。この山を作る時期は部位によって異なり,まず,葉身がピークに達した後,葉柄,茎,莢殻,子実の順に山が移り,総量では両品種とも8月下旬に最大値を示した。また,品種別にみると,8月上旬までは「茶殻早生」が若干高目であったが,以後は逆転し,「栄小豆」

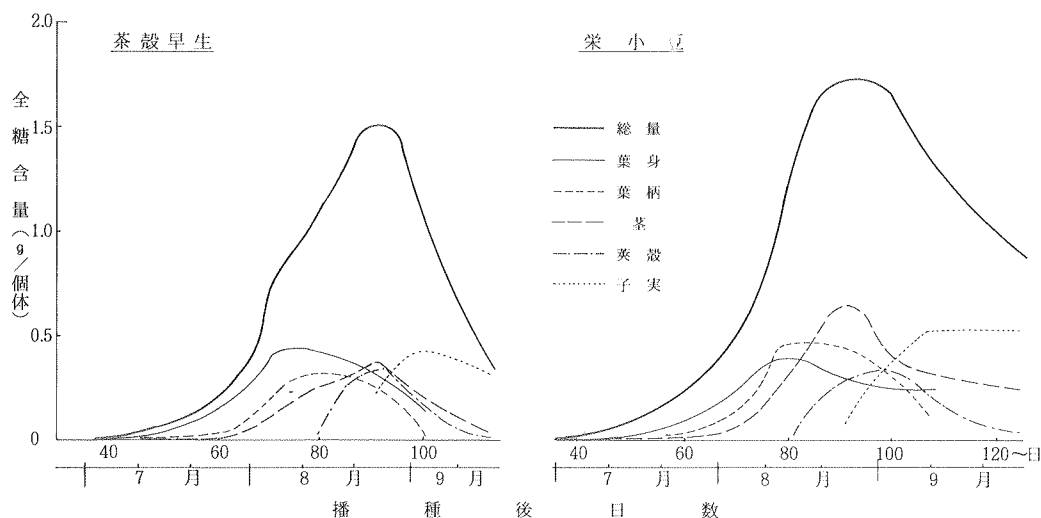


図3 全糖含量の推移

表3 全糖の部位別分布割合

(%)

部位	時期	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
茶 殻 早 生										
葉 身		89.9	84.7	67.0	55.8	37.6	21.2	14.0	—	—
葉 柄		—	7.3	22.9	27.0	31.2	15.8	5.7	—	—
茎		10.1	8.0	10.2	17.2	24.2	24.1	19.4	—	9.4
莢 殻		—	—	—	—	6.9	23.2	18.6	—	6.3
子 実		—	—	—	—	—	15.7	41.5	—	84.3
栄 小 豆										
葉 身		87.7	86.0	64.6	54.5	33.6	16.9	14.4	20.7	—
葉 柄		—	5.9	23.3	29.5	37.3	24.6	16.9	8.0	—
茎		12.3	8.1	12.1	16.0	27.1	37.2	24.3	18.1	36.8
莢 殻		—	—	—	—	2.0	17.1	22.3	15.1	5.6
子 実		—	—	—	—	—	4.2	22.1	38.1	57.5

の方が成熟期まで高含量で推移した。

これら全糖が各部位にどのような割合で分布しているかを各時期について求め、表3に示した。

開花始までは両品種とも葉身中の割合が80%以上を示し、開花以後は次第に低下した。一方、葉柄ではV期（播種後80日）まで増加して30%以上となり、後低下した。茎では当初10%以上を占めたが、II期（播種後52日）に一時8%まで低下し、再び高まって、「茶殻早生」ではV期、「栄小豆」ではVI期（播種後91日）にそれぞれ最大割合を示し、再び低下した。しかし、「栄小豆」ではIX期（成熟期）にも30%以上の値を示した。

茎での割合が低下すると同時に莢殻での割合が増大し、次いで、子実の割合が増して、成熟期での子実に占める割合は「茶殻早生」が84.3%、「栄小豆」が57.5%であった。

3. 茎葉中の還元糖、非還元糖の変動

全糖は還元力を持つ Glucose, Fructose などの還元糖と Sucrose などの非還元糖から成っており、小豆の体内におけるこれら還元、非還元糖の動態を求めてみた。もちろん、糖類は作物生体中で常時変動しているものであり、明確な規定はできないが、ここでは参考として「栄小豆」の茎葉部につき還元、非還元糖の濃度推移を図4に、両者の比率変動を表4に示した。

葉身の還元糖濃度は初期が最も高く、生育が進むにつれて低下し、葉柄、茎では8月中旬（播種後80日前後）まで急増して、葉柄では最高12%以上にもなり、茎でも7%以上を示して、以後は急激に低下した。

一方、非還元糖についてみると、葉身では還元糖と異なった傾向がみられ、7月中旬（播種後50日前後）に7%以上の高濃度となり、開花始の時期に一時低下して後再び上昇し、8月上・中旬（播種後70、80日前後）に山を作って登熟期にかけて低下し、成熟期に再び

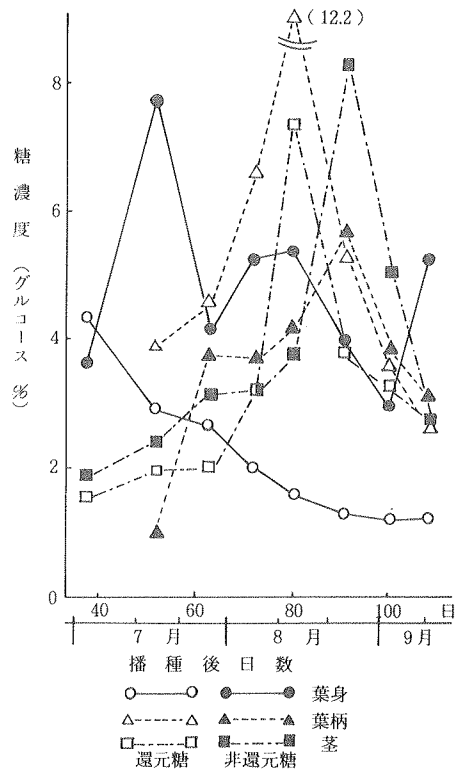


図4 還元糖、非還元糖濃度の推移（栄小豆）

上昇した。また、葉柄、茎では還元糖と同様に急上昇するが、ピークに達する時期は還元糖より遅い8月下旬（播種後90日前後）であった。

つぎに、各部位の全糖中に占める還元糖、非還元糖の比率をみると、葉身ではI期（播種後38日）に還元糖の方が10%程度高かったが、II期（播種後52日）以降は常に非還元糖の割合が高く、ほぼ70%以上を占めて推移した。しかし、III期の開花始期に一時非還元糖が低下し、還元糖が若干高まる傾向がみられた。葉柄

表4 各部位の全糖中に占める還元糖、非還元糖の比率（栄小豆）

部位	区 別	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
葉身	還元糖	54.9	27.8	39.2	27.5	23.0	25.0	28.0	25.1	—
	非還元糖	45.1	72.2	60.8	72.5	77.0	75.0	72.0	74.9	—
葉柄	還元糖	—	79.4	54.8	65.2	74.5	47.9	48.6	45.3	—
	非還元糖	—	20.6	45.2	34.8	25.5	52.1	51.4	54.7	—
茎	還元糖	40.0	38.3	46.8	50.0	65.8	28.3	43.3	49.7	17.1
	非還元糖	60.0	61.7	53.2	50.0	34.2	71.7	56.7	50.3	82.9

ではV期(播種後80日)まで還元糖の割合が上回ったが、VI期(播種後91日)以降は非還元糖が優った。また、茎では葉身と同様に非還元糖の割合が高い傾向であったが、V期に一時逆転する現象がみられた。

4. でんぷんの消長

でんぷんの濃度推移を図5に示した。

でんぷん濃度は子実以外の部位では大きな差がみられず、大よそ2~6%の範囲で上下し、各部位とも共通して7月中旬(播種後50日前後)および8月中旬(播種後80日前後)に山がみられた。これらの傾向は両品

種とも同様で、全般的に「茶殻早生」の方が「榮小豆」より高濃度で推移した。子実中でのでんぷん濃度は両品種とも次第に増大して行くが、その増加の程度は「茶殻早生」でより急激であった。

図6に示したでんぷん含量の推移より、茎葉部での含量は8月中旬まで高まって以後は漸減したが、子実の肥大生長に伴うでんぷん集積は急激で、総含量は両品種とも8月中旬以降に急増した。品種間で比較すると、開花始までは「茶殻早生」の方が高含量を示し、開花以後は「榮小豆」の一層急激な生長と相まってで

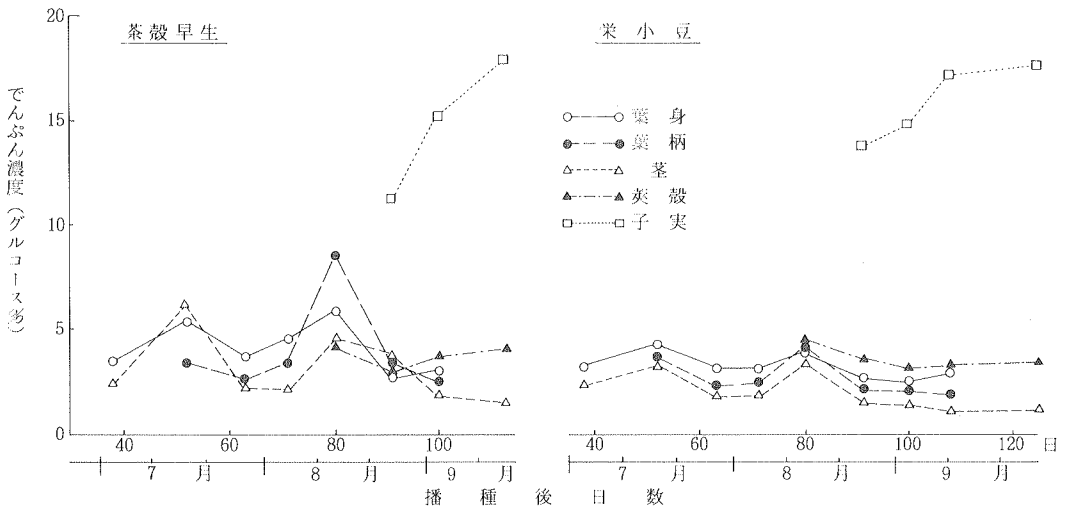


図5 でんぷん濃度の推移

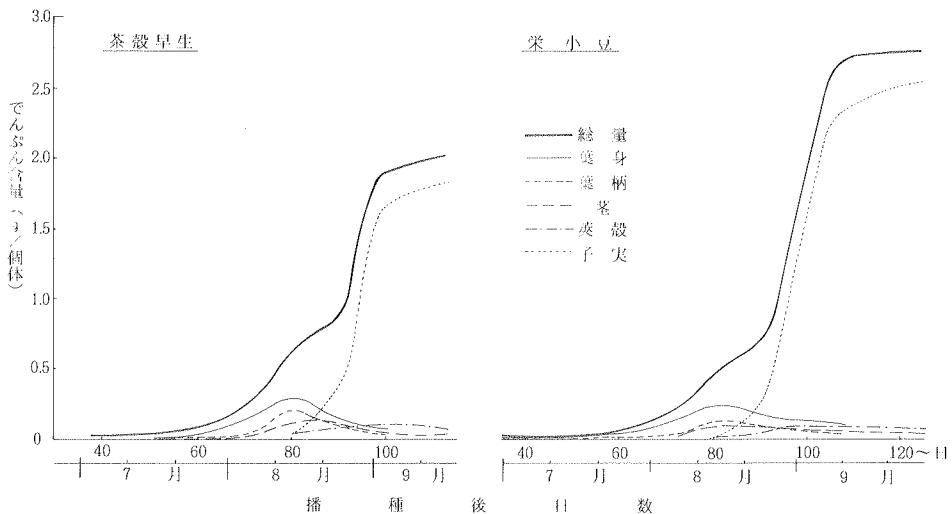


図6 でんぷん含量の推移

表5 でんぶんの部位別分布割合

(%)

部位	時期	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
茶 殻 早 生										
葉 身		82.1	76.3	71.1	69.2	47.1	14.2	4.3	—	—
葉 柄		—	6.3	15.2	17.8	30.4	6.8	1.8	—	—
茎		17.9	17.4	13.7	13.0	18.0	12.5	2.7	—	1.6
莢 殻		—	—	—	—	4.5	10.3	5.3	—	4.4
子 実		—	—	—	—	—	56.2	86.0	—	94.0
栄 小 豆										
葉 身		80.6	77.4	71.1	65.5	48.9	21.1	7.3	4.4	—
葉 柄		—	10.0	15.0	20.9	24.4	12.6	4.2	1.5	—
茎		19.4	12.6	13.9	13.6	23.9	12.2	3.3	2.1	2.3
莢 殻		—	—	—	—	2.8	10.4	5.0	3.5	3.5
子 実		—	—	—	—	—	43.3	80.2	88.5	94.2

んぶん含量も著しく高まり、「茶殻早生」を大きく凌駕した。

でんぶんの部位別分布割合を求め、表5に示した。

葉身中のでんぶん割合は生育の進行と共に低下し、反面、葉柄では増大してV期（播種後80日）にピークに達して後低下した。茎では、I期（播種後38日）に比較的高い割合で、開花始頃一時低まり、再び上昇して葉柄と同時期のV期に最高に達した。莢殻ではVI期（播種後91日）が最も高く、以後は子実肥大に伴って低下し、逆に、子実中の割合が急増して成熟期では両品種とも94%以上を占めた。

これらの傾向は品種間でほとんど同様であり、前述した全糖の場合と類似していた。

5. 葉位別葉身、葉柄中の炭水化物の消長

葉位別に炭水化物の消長をみるため、既報⁶⁾で述べたのと同様に、生育時期との関連で葉位葉の区分を3段階として検討した。すなわち、開花始までの生育初期段階で出葉展開する葉を下位葉、開花以後子実肥大開始頃までに展開する葉を中位葉、それ以後の葉を上位葉として、各葉位葉について葉身、葉柄に分別し、全糖、でんぶんの消長をみた。

まず、図7より、葉身の全糖濃度推移をみると、下位葉身では7月中旬（播種後50日前後）が最も高濃度で、それ以後は漸次低下し、中位葉身は8月上旬（播種後70日前後）、上位葉身は「茶殻早生」が8月下旬（播種後90日前後）、「栄小豆」が8月中旬（播種後80日

前後）に最高濃度を示し、おのおのそれ以後に低下した。なお、「栄小豆」のみ各葉位の濃度は9月以降若干上向いた。また、両品種とも全般に上位の葉身ほど高濃度であった。

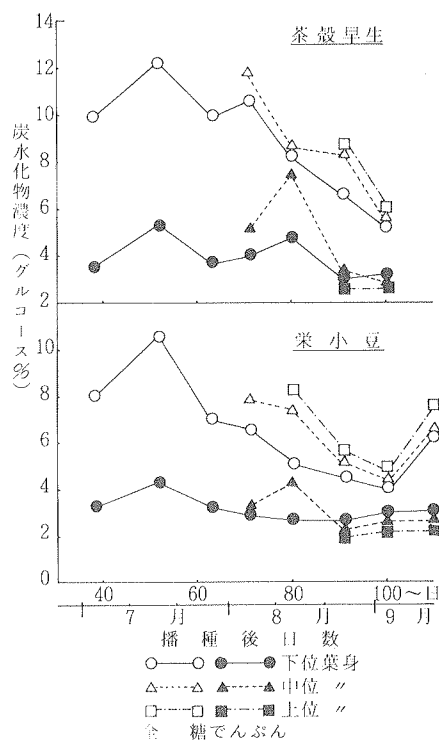


図7 葉位別葉身中の全糖、でんぶん濃度の推移

さらに、でんぷん濃度についてみると、下位葉身では全糖と同様7月中旬に、中位葉身は8月中旬に濃度が高まったが、上位葉身はほぼ同程度で推移した。葉位間でみると全糖の場合と傾向がやや異なって、8月中旬までは上位の葉身ほど高い値であったものの、8月下旬以降は両品種とも上位葉身の濃度低下が著しく大きく、結局、下位葉身 $\geq$ 中位葉身 $>$ 上位葉身の順となった。

つぎに、葉柄中の全糖濃度について図8に示した。各葉位葉柄とも開花以後高濃度を示し、その後成熟期まで急減した。この最高濃度を示す時期は、「茶殻早生」では下位葉柄が8月上旬、中位葉柄が8月中旬、上位葉柄が8月下旬であり、一方、「栄小豆」では各葉位とも共通して8月中旬であった。また、葉位間の比較では、両品種とも上位の葉柄ほど高い傾向がみられた。

でんぷん濃度は両品種とも8月中旬に高まりをみせ、以後は低下したが、葉位間では明瞭な傾向が認められなかった。

各葉位別に全糖の分布割合を求め、図9に示した。

両品種とも下位葉身、葉柄の占める割合は生育進行

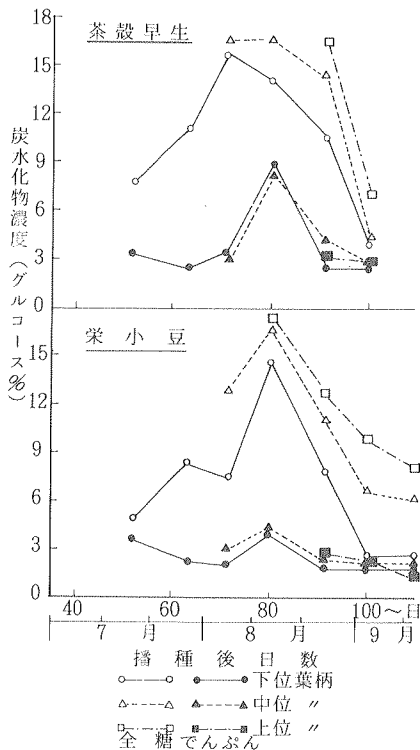


図8 葉位別葉柄中の全糖、でんぷん濃度の推移

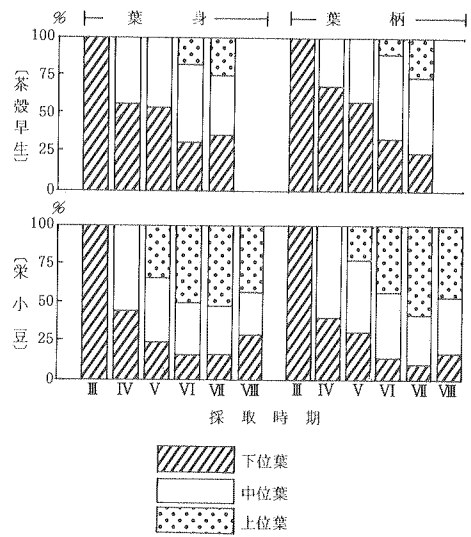


図9 全糖の葉位別分布割合

に従って次第に低下した。中位葉では品種間に異なった傾向がみられ、「茶殻早生」では葉身、葉柄ともⅥ期(播種後91日)に50%以上を占めて最も高い割合となり、他方、「栄小豆」ではⅣ期(播種後71日)が55~61%の最高値を示してその後は低下した。上位葉では両品種とも割合が次第に高まり、Ⅶ期(播種後100日)に最高割合を示したが、「栄小豆」において成熟期に再び低下し、下、中位葉の割合が若干高まった。

考 察

小豆の収量形成に係わる栄養生理の基礎的知見を得るため、炭水化物の消長について検討した。

作物体各部位の全糖濃度および部位別分布割合の推移より、開花前の生育初期では葉身中の濃度が極めて高く、生育の進行と共に次第に低下して行くが、葉柄では当初低濃度で、開花以後急上昇し、8月中旬(播種後80日前後)のいわゆる子実肥大開始頃にピークに達して、後低下した。同様に、茎においても開花以降濃度は高まり、ピークに達する時期は葉柄より若干遅れて、茎葉部の重量が最大に達する8月下旬(播種後90日前後)であった。これらのことから、糖の集積部位は生育の進行に伴って葉身から葉柄、茎さらには葉実部の順に移るものと考えられる。

一方、でんぷんの消長でみると、各部位とも共通して7月中旬(播種後50日前後)と8月中旬に高まっており、集積部位の変動は全糖の場合ほど明瞭でなかつ

た。しかし、部位別の分布割合からみれば、最大割合を示す時期が全糖と同様に、葉身、葉柄、茎、莢殻と順次移動し、最終的に子実の占める割合は90%以上となった。

すなわち、生育初期の段階では、葉で合成された炭水化物は小豆の生育特性としての初期生育の緩慢さによって、生長に十分用いられず、葉中に集積する方向にあると考えられる。このことは葉身中の非還元糖が7月中旬に高濃度で存在することからも裏づけられよう。開花以降は急激な栄養生長に伴って葉柄中に集積し、逐次各器官の生長に利用され、さらに、生殖部位の発育に従って順次茎、莢殻、子実と炭水化物の集積部位が移るものと推定される。

村山ら⁴⁾は水稻の炭水化物消長を詳細に検討し、出穂開花期までの炭水化物集積部位として葉鞘、稈を挙げているが、小豆においては葉柄部が水稻の葉鞘部に相当する働を営んでいると考えられる。

このような炭水化物の消長に関して他の豆類についてみると、大豆について、一般に、葉身では生育初期と後期に高まり、葉柄、茎では子実肥大期頃の生育後半に高まることが報告されている^{2), 3), 10)}。葉身部については小豆と様相をやや異にするが、大豆と小豆では生育後半における栄養生長部と生殖生長部との光合成産物の摂取競争程度が異なり、小豆においては両生長部の生長重複期間は長く、体内の炭水化物動態も当然異なることが考えられる。また、田中ら⁸⁾は菜豆の炭水化物消長を調査して、葉身では生育初期が高く、その後低下して生育末期に再び上昇し、茎、葉柄では生育末期に炭水化物とくにでんぷん含有率が高まるが品種によって様相が異なり、大正金時では高含有率を示して source が sink を上回り、一方、銀手亡では上昇程度が低く、sink が source とバランスして、でんぷん集積量が少なかったと報告し、品種の特性というより source—sink のバランスとしてとらえるべきであると述べている。

本試験の場合、炭水化物濃度は全般に「茶殻早生」が「榮小豆」より高い値で推移した。既報⁶⁾で報告したように、窒素についても生育初、中期では「茶殻早生」が高濃度を示す傾向がみられており、反面、「茶殻早生」の生育量は「榮小豆」より終始劣った。これらのことから、「茶殻早生」における光合成は活発であり、source が sink を上回る傾向で、反面、「榮小豆」では

栄養生長の旺盛なこと、栄養生殖両生長の重複期間の長いことなどから sink の要求が source を上回る傾向にあることが考えられる。さらに、両品種とも葉身、茎中の全糖濃度が開花始の時期に一時低下する現象がみられ、生殖生長が開始する時期に一時的に体内の栄養バランスがくずれるものと考えられる。田中ら⁸⁾も菜豆について同様の現象を報告し、この時期に sink の source に対する要求が最も高まるものと推定している。

これらの炭水化物消長を生育過程との関連でとらえてみると、生育初期の段階においては茎葉中とくに葉身中に炭水化物が集積し、作物体構成には積極的に利用されず、蓄積の方向にあるわけで、生長蓄積期と言える。7月中旬頃最高濃度に達して、以後開花始まで低下するが、この時期は開花以後の急激な栄養生長と生殖生長の開始に対する準備期と考えられる。なお、生殖生長は厳密には花芽分化が始まる時期から開始するのであるが、開花までの期間中は栄養生長がほとんどであり、開花以後に生殖生長として顕在化することから、一応生殖生長の開始を開花始期からとして論議するのが妥当と考えられた。

開花始の時点で一時急激な炭水化物の消費が行なわれるが、開花以後は子実の肥大生長に向けて再び炭水化物が集積の方向にむかう。しかし、この時期は栄養生長が最も急激であり、開花、結実、莢伸長の生殖生長も併行して進み、窒素の吸収も最も盛んな時期で、活発な光合成を行ないつつ両生長の要求をまかなっており、いわゆる生長拡大期に当たると考えられる。8月中旬以後の子実肥大期に入り、炭水化物の集積部位は葉柄、茎、莢殻と順次移動し、栄養生長も引続き進行しているが前期ほど急激でなく、8月下旬の栄養生長終止期までのこの時期は安定生長期と言えよう。9月に入って、成熟期まで栄養生長はほとんどなく、子実肥大の生殖生長が主体であり、炭水化物の子実への転流が行なわれて子実中でのでんぷん含量が増大し、収量形成の最終段階としての生殖充実期と考えられる。

一方、本試験では葉位別に炭水化物の消長を検討した。各葉位葉身の全糖濃度は初期に高く、生育に伴って次第に低下し、葉位別では上位の葉身ほど高濃度で推移した。既報⁶⁾で述べたように窒素についても同様の傾向であり、光合成による炭水化物の生成、集積の活動中心葉として、開花前の初期段階では下位葉が、開花以後の前述した生長拡大期には中位葉が、また、

以後は上位葉が重要な役割を果たしていると思われる。山内¹¹⁾は小豆の各葉位葉を乾物重推移より 5 型に大別しており、本試験での下位葉は山内の区分によれば I, II 型に相当し、中位葉は III 型、上位葉は IV, V 型に当たると考えられる。

さらに、葉位別葉柄中の炭水化物動向から、「茶殻早生」では炭水化物集積の葉柄部位が下位から上位に順次移ることが観察され、「栄小豆」では各葉位葉柄ともほぼ同時期に濃度が高まり、子実肥大にむけて同様に低下した。「栄小豆」では開花以後の生長重複期間における競合程度が一層激しく、葉柄中における炭水化物の集積が「茶殻早生」より短時間で生長に利用される度合いが大きいと推察される。Ciha ら¹⁾は大豆について、でんぷん集積部位としての葉柄、茎の収量形成に対する重要性を指摘しており、小豆においても葉柄中の糖濃度が重複期間に極めて高いことから、収量形成との関連で葉柄の役割をさらに検討する必要がある。

また、田中ら⁷⁾は菜豆について各葉位を中心とした source—sink 単位を報告しているが、小豆では下位節から順次開花、結実し、成熟して行き、活動の中心となる葉も下位から上位に移ることを併せ考えると、小豆においても source—sink 単位の存在することが推定される。

引用文献

- 1) Ciha, A. J.; Brun, W. A. "Effect of Pod Removal on Nonstructural Carbohydrate Concentration in Soybean Tissue". *Crop Sci.* **18**, 773-776 (1978).
- 2) Dunphy, E. J.; Hanway, J. J. "Water-soluble Carbohydrate Accumulation in Soybean Plants" *Agron. J.*, **68**, 697-700 (1976).
- 3) 石塚潤爾. "北海道における大豆の生育および子実たんばくの生成における可溶性窒素成分の栄養生理学的意義". 北海道農試研究報告. **101**, 51-121 (1972).
- 4) 村山 登, 吉野 実, 大島正男, 塚原貞雄, 川原崎裕司. "水稻の生育に伴う炭水化物の集積過程に関する研究". 農技研報告, **B4**, 123-166 (1955).
- 5) 大泉久一, 西入恵二, 桂勇. "大豆の葉の機能に関する研究. 1, 各葉における乾物重, 窒素, 磷酸, 加里ならびに炭水化物含量の消長について". 日作紀, **30**, 253-256 (1962).
- 6) 沢口正利, 野村 誠. "小豆品種の生育特性と窒素吸収の比較". 北海道立農試集報. **43**, 1-11 (1980).
- 7) 田中 明, 藤田耕之輔. "菜豆の栄養生理学的研究 1, 光合成産物の転流よりみた source—sink 関係". 日本土肥誌, **46**, 157-166 (1975).
- 8) 田中 明, 藤田耕之輔. "菜豆の栄養生理学的研究 2, 矮性種および半蔓性種の生育経過". 日本土肥誌, **47**, 499-505 (1976).
- 9) 反田嘉博. "小豆子実の発育について". 日作紀 **26**, 45-46 (1957).
- 10) 戸刈義次, 加藤泰正, 江幡守衛. "大豆の増収機構に関する研究, 1, 大豆の生育に伴う植物体各部の成分の消長". 日作紀, **24**, 103-107 (1955).
- 11) 山内益夫. "小豆の無機栄養に関する調査, 2, 主茎各葉位別葉の生育調査と窒素, 磷酸, 加里の行動について". 北海道立農試集報, **14**, 68-79 (1964).

Changes in Carbohydrates of Adzuki Bean in Relation to its Growth

Masatoshi SAWAGUCHI* and Ko NOMURA**

Summary

For obtaining nutritive and physiological information about production of Adzuki beans, it is necessary to clarify fluctuations in and accumulation processes of carbohydrates associated with the growth thereof. Two species of Adzuki beans, Chagarawase and Sakaeshozu, were grown under field conditions and samples were collected periodically throughout the growing season in order that they were examined for total sugar, reducing sugar, non-reducing sugar and starch contained in each organ of a plant.

Results obtained are summarized as follows;

- 1) In each plant organ, the maximum concentration of carbohydrates was obtained at different growth stages. It is concluded that the parts of the carbohydrate accumulation shifted according to the progress of plant development; namely, leafblades, petioles, stems, pods and seeds.
- 2) The growing season was classified to five stages by referring accumulation processes of carbohydrates to growing processes. Growth accumulation stage: the early growth stage until about the 50th day after seeding; carbohydrates accumulate in leaf-blades, but plant grow very slowly. Growth preparation stage: the stage prior to the beginning of flowering; accumulation of carbohydrates in leaf-blades and stems decreases. Growth development stage: the stage following flowering and prior to the beginning of pod-filling; plant grow rapidly and carbohydrates accumulated in petioles are utilized to vegetative and reproductive growth. Steady growth stage: the stage following the beginning of pod-filling and prior to the termination of vegetative growth; accumulation of carbohydrates shifts to stems and pods. Ripening stage: the stage leading to maturity; carbohydrates move to seeds, resulting in an increase in amount of starch there.
- 3) The carbohydrate concentration was generally higher in Chagarawase than in Sakaeshozu, from which it is concluded that the source has a trend to surpasses the sink in the former and the trend reverses in the latter, according to the source-sink theory.

* Hokkaido Prefectural Tokachi Agricultural Experiment Station, Memuro-cho, Hokkaido, 082, Japan

** Hokkaido Central Agricultural Experiment Station, Naganuma-cho, Hokkaido, 069-13, Japan