

第3章 大豆の登熟にともなう窒素含量 および遊離アミノ酸含量の変動

3-1 緒言

登熟中の種子の細胞内には、遊離の含有物質（糖、アミノ酸、カロテノイドおよび様々の揮発性の物質）が含まれ、これらは蔬菜の食味に関与している。しかし、大豆の質的改良においては、これまでは一般に穀物として扱われている完熟種子の改良、つまりリポキシゲナーゼ（Davis and Nielsen, 1986; Hajika et al., 1991; Kitamura, 1984; Wilson et al., 1981）や含硫アミノ酸の多く含まれている11Sグロブリン（グリシニン）を増大させ、7Sグロブリン（ β -コングリシニン）を減少させて、メチオニン、スレオニンを増大させる研究がある。

未成熟子実、すなわち枝豆の質的改良に関する研究は少なく、Takahashi（1991）やShanmugasundaram（1991）によって試みられたのみである。

安間（1982）は、成葉の遊離アミノ酸含量によって品種の識別を試みている。アミノ酸は食味に関する重要な成分の一つである（Ofuji et al., 1983; 増田 1989）。本研究では、栽培期間内での枝豆大豆品種と普通大豆品種の種子中の遊離アミノ酸含量の変動を調査するために、1992年度には枝豆適期において遊離アミノ酸含量の品種間差異を普通大豆品種から10品種、枝豆大豆品種から10品種選定して検討した。1993年度には各2品種ずつ選抜し、遊離ア

ミノ酸含量の変動を調査し、大豆の登熟中の遊離アミノ酸含量を高めるための基礎的研究として行った。

3-2 材料および方法

実験 1

Table 3-1 で示したように、1992 年度には、普通大豆品種 10 品種と枝豆大豆品種 10 品種を選定した。栽培方法における施肥量、畝間、株間については、第 1 章の方法に準じた。材料は、育苗後に各品種ごとにランダムに 3 反復で定植した。サンプリングは、70% 開花後、枝豆大豆品種は、30 ~ 40 日、普通大豆品種は 30 ~ 60 日とそれぞれ枝豆としての適期（生豆を咀嚼して決定）に行った。その後の処理については、第 1 章の方法に準じた。

遊離アミノ酸の抽出は、種子粉末 0.03g に 75% エタノール (C_2H_5OH) 1ml を加えて 3 分間すりつぶし、上澄を試験管に入れ、さらに、0.5ml 加えて再び振盪した後に、遠心分離 (10,000rpm) 後、上澄を回収した。沈殿部分は、さらに 75% エタノール 0.5ml 加えて 3 分間振盪し、遠心分離 (10,000rpm) 後に前者と合一し、1.5ml に定量した。この溶液 0.5ml を減圧乾固し、0.1% トリフルオロ酢酸 (CF_3COOH) : アセトニトリル (CH_3CN) を 1:1 に調整した溶液を 1ml 加えて、Sep-Pak 18 plus C18 cartridge (Millipore Co., MA, USA) によって遊離アミノ酸の精製を行った。その後、エタノール: 純水 (H_2O) : 0.1% トリフルオロ酢酸を 2:1:1 に調整した溶液 20 μ l を加えて、アミノ酸の洗浄を行い、減圧乾固し、エタノール: トリエチルアミン ($(C_2H_5)_3N$) : 純水: イソチオンサンフェニル ($C_6H_5N:CS$) を 7:1:1:1 に調整した溶液 20 μ l を加えて室温で 20 分間処理し、アミノ酸の PTC ラベル化を行って、減圧乾固した。PTC ラベルしたアミノ酸は、0.05mol/l リン酸一水素ナトリウム

(NaHPO_4) を pH 7.4 に調整し、この溶液とアセトニトリルを 95:5 の割合で調整した溶液を 100 μl を加えて 0.2 または 0.5 μm のフィルター (Nihon Millipore Co., Ltd., Tokyo, Japan) に通した。PTC ラベル化したアミノ酸は、Protein-pak 300 column (7.8 mm in diameter \times 15 cm in length, Millipore Co. Ltd., Tokyo, Japan) を用いて、Pico-TagTM HPLC System により 254nm の吸光度で、各品種ごとに 3 反復分析を行った。この system における移動相および分析相の時間については Table 3-2 で示した。アスパラギンを加えた 17 種類のアミノ酸 (H-type, Wako Chemical Ind. Ltd., Doshu-machi, Osaka) を標準液として各サンプルの同定を行った。

実験 2

1993 年は、1992 年に用いた品種の中から枝豆大豆品種よりサッポロミドリ、白山ダダチャ、普通大豆品種より東北 70 号、秋田兄を選定した。白山ダダチャおよび秋田兄は在来種であり、東北 70 号、サッポロミドリは交配により改良された品種である。栽培方法においては、実験 1 と同様に行った。

収穫は、70% 開花から 20 日、30 日、40 日、50 日後に行った。未成熟子実の処理およびアミノ酸の PTC ラベル化および分析方法は、実験 1 に準じた。

水溶性窒素含量の分析は、第 1 章に準じ、また全窒素含量については、種子粉末 0.02 g を供試し、セミ・ミクロ・ケルダール法により、それぞれ 3 反復で分析した。

3-3 結果

実験 1

1992年における各品種のアミノ酸分析の結果を Table 3-3 に示した。本実験では 15 種類のアミノ酸が検出された。枝豆大豆品種群と普通大豆品種群との品種群間差異の大きい遊離アミノ酸は、アスパラギン、アラニン、グルタミン酸であり、それぞれ約 10mM/Kg-D.W.以上の含量を示した (Table 3-3, Fig. 3-1)。普通大豆品種群の未成熟子実で高い遊離アミノ酸含量を示したものは、枝豆大豆品種群と同様にアスパラギン、アラニン、グルタミン酸であったが、含量は約 5mM/Kg-D.W.と枝豆大豆品種に比べて 1/3 以下の値を示した (Table 3-3, Fig. 3-1)。しかし、グルタミン酸含量は、枝豆大豆品種の白毛グリーン、サッポロミドリ、新雪緑では、普通大豆品種群と大きな差異はみられなかった (Table 3-3)。遊離アミノ酸のうち、セリン、ヒスチジン、アルギニンなどは、2 品種群間に約 5mM/Kg-D.W.の含量の差がみられた (Table 3-3, Fig. 3-1)。その他の遊離アミノ酸 (アスパラギン酸、プロリン、チロシン、バリン、フェニルアラニン、メチオニン、イソロイシン、ロイシン、リジン) は、枝豆大豆品種および普通大豆品種とも約 2mM/Kg-D.W.かそれ以下であった (Table 3-3, Fig. 3-1)。しかし、これらのアミノ酸は、枝豆大豆品種が普通大豆品種に比べて、2 倍以上の含量を示した (Table 3-3, Fig. 3-1)。普通大豆品種と枝豆大豆品種との間に、メチオニンを除く他の 14 種類のアミノ酸で有意差がみられた (Table 3-4)。

実験 2

Fig. 3-2 ~ 3-5 に、1992年に枝豆大豆品種群と普通大豆品種群の未成熟子実で高い値を示したアスパラギン、アラニン、グルタミン酸などの遊離アミノ酸含量の1993年の登熟過程における変化を示した。枝豆大豆品種であるサッポロミドリ、白山ダダチャの遊離アミノ酸含量は、70%開花から30日後または40日後に最大となり、その後、減少した。しかし、普通大豆品種である東北70号、秋田兄では、生育段階が進むにつれて、減少する傾向がみられた。

枝豆大豆品種における各遊離アミノ酸含量は70%開花から30~40日目に最も高い値を示し、特にアラニン含量が他のアミノ酸に比べて高い値を示した。対照的に、普通大豆品種では、アスパラギン含量が、生育が進むにつれて減少し、アラニン含量は、枝豆大豆品種群に比べて低い値を示した。また、枝豆大豆品種であるサッポロミドリや普通大豆品種は、70%開花から50日後には、遊離アミノ酸がほとんどみられなかったが、白山ダダチャのアラニンは、約10mM/Kg-D.W.と高い値を示した。

登熟過程の種子中の水溶性窒素含量は、4品種とも登熟が進むにつれて、減少する傾向がみられた。全窒素含量は、秋田兄を除く3品種では、70%開花から30~40日後に減少する傾向がみられた。

3-4 考察

これまで、枝豆大豆品種の完熟種子の含有物質の変動についての研究が行われている (Abe and Okuda, 1986; Akazawa and Fukushima, 1991; Iwata and Shirahata, 1979; Masuda et al., 1988; Masuda, 1989)。しかし、登熟時期別の遊離アミノ酸の蓄積の観点からの研究は行われていない。遊離アミノ酸やペプチドは、大豆の登熟中に合成され、タンパク質などの高分子の物質となる。枝豆としての収穫適期には、アスパラギン、グルタミン酸、アラニンなどのアミノ酸の集積は、枝豆大豆品種で普通大豆品種に比べて高い傾向がみられた。この結果は、種子中の遊離アミノ酸含量の集積に関して、枝豆大豆品種に特性があることを示唆している。このように、枝豆大豆品種は、種子の登熟期にタンパク質合成の遺伝的制御機構の解明に有用な品種特性を有すると考えられる。

枝豆は、アジアにおいて主要な蔬菜であるが、世界的にみると需要は少ない (Lumpkin et al., 1983)。枝豆品種における3つの主な含有アミノ酸は、食味と関連することが、推察される。すなわち、アラニンは甘み、グルタミン酸とアスパラギンは味覚と高い相関があることが報告されている (Ofuji et al., 1983; Masuda et al., 1988; Masuda, 1989)。これらのアミノ酸の集積の特性が、味覚の評価のすべてを説明することにならないが、枝豆品種として、消費者により好まれる理由の1つと考えられる。

今回検出された、アミノ酸のイソロイシン、ロイシン、メチオニン、リジン、フェニルアラニン、チロシン、ヒ

スチジン、アルギニン、バリンは、人を含めた生体の維持・成長に欠くことができない。これらのアミノ酸は、未成熟種子中の3種類の遊離アミノ酸含量に比べて低い値を示したが、枝豆大豆品種は、普通大豆品種に比べて2倍以上の値を示した。このように、枝豆大豆品種の遊離アミノ酸含量が多いことは、普通大豆品種と比べて、とくにより多くの必須アミノ酸を供給することになる。これまでの研究では、貯蔵タンパク質のグリシニンやβ-コングリシニンなどの改良により、メチオニンやシスチンなどの含硫アミノ酸含量を増加させる研究が行われてきた (Harada et al., 1983; Ogawa et al., 1983)。本研究の結果から遊離アミノ酸含量の高い枝豆大豆品種が、含硫アミノ酸や必須アミノ酸を増加させることにつながると推察される。今後、遊離アミノ酸含量と完熟種子における貯蔵タンパク質のアミノ酸含量との関係を明らかにすることが必要である。

未成熟子実の全窒素含量が70%開花から30～40日後に減少するのは、この期間に、種子へのアミノ酸含量の集積によって種子が急成長することと関連していると推察される。

3 - 5 摘要

本研究は、大豆の未成熟子実中の遊離アミノ酸含量の変動について調査を行った。1992年に枝豆大豆品種から10品種と普通大豆品種から10品種を選定し、枝豆としての適期に収穫した未成熟子実の品種間差異を検討した。その結果、普通大豆品種および枝豆大豆品種でアスパラギン、アラニン、グルタミン酸が未成熟子実中で高い値を示し、さらに枝豆大豆品種が普通大豆品種に比べて高い値を示した。登熟中におけるこの3つのアミノ酸の変動について調査した結果、枝豆大豆品種群は、70%開花から30～40日後に最大になって以降減少したのに対し、普通大豆品種群は、70%開花から20～30日後に最大になって以降減少した。この遊離アミノ酸含量の未成熟子実中での変動の違いは、2つの品種群の間に遺伝的要因の差異が存在することを示唆している。

Table 3-1. Growth characteristics of vegetable-type and grain-type soybean cultivars grown in 1992.

Cultivar	Flowering date		plant height (cm)
	onset	end	
vegetable-type soybean			
Shirayama-dadacha	16 July	24 July	59.9±2.2
Sapporo-midori	18 June	26 June	19.5±0.7
Wase-midori	24 June	2 July	30.3±2.0
Wase-Shirayama-dadacha	4 July	14 July	53.3±1.2
Shonai 5	16 July	24 July	59.7±2.7
Shiroge-green	18 June	30 June	22.2±1.1
Shinsetsu-midori	20 June	30 June	27.7±0.4
Ezo-midori	20 June	30 June	30.0±1.0
Hakucho	24 June	4 July	32.4±1.6
Hokko-midori 2	24 June	4 July	30.7±0.9
grain-type soybean			
Tohoku 70	24 June	10 July	37.3±1.6
Akita-ani	16 July	13 Aug.	111.7±4.1
Fuji-musume	10 July	1 Aug.	57.1±1.4
Shin 3	10 July	28 July	59.4±2.8
Wase-shiroge	10 July	28 July	67.7±2.2
Kokeshijiro	16 July	5 Aug.	53.4±1.7
Raiko	14 July	9 Aug.	75.6±2.6
Miyagi-shirome	28 July	21 Aug.	94.2±3.0
Kurakake	28 July	26 Aug.	61.7±2.1
Nakasen-nari	28 July	26 Aug.	91.9±3.3

Mean ± S.E.: Numerals indicate mean ± standard error.

Table 3-1. Continued.

Cultivar	number of pods (plant ⁻¹)	weight of pods (g plant ⁻¹)
vegetable-type soybean		
Shirayama-dadacha	32.0±5.1	58.9±5.2
Sapporo-midori	20.3±0.9	38.5±2.1
Wase-midori	29.0±1.0	63.7±3.5
Wase-Shirayama-dadacha	30.0±3.0	58.8±0.1
Shonai 5	48.7±3.5	106.6±10.3
Shiroge-green	18.0±1.0	39.3±1.8
Shinsetsu-midori	16.0±0.6	39.1±2.4
Ezo-midori	23.0±2.1	39.6±4.8
Hakucho	29.0±3.0	68.6±7.3
Hokko-midori 2	22.3±3.7	49.7±3.8
grain-type soybean		
Tohoku 70	22.3±6.8	53.2±2.8
Akita-ani	90.0±17.4	88.1±20.1
Fuji-musume	107.0±15.5	111.9±8.6
Shin 3	105.0±4.9	105.6±7.2
Wase-shiroge	80.7±12.2	89.1±10.3
Kokeshijiro	134.3±34.8	143.7±24.0
Raiko	98.0±13.6	137.1±23.0
Miyagi-shirome	190.0±14.2	355.2±16.4
Kurakake	97.0±11.5	184.8±13.5
Nakasen-nari	137.7±7.2	219.1±8.2

Mean ± S.E.: Numerals indicate mean ± standard error.

Table 3-2. Running buffer and gradient program in HPLC system.

Running Buffer

A:

CH₃COONa · 3H₂O:H₂O:TEA:CH₃CN=9.5g:500ml:1ml:26.3ml

B:

CH₃CN:H₂O=300ml:200ml

Gradient program

Time(m)	Flow rate	A(%)	B(%)	Curve
00.0	1.0	100	0	*
15.0	1.0	61	39	5
16.0	1.0	0	100	6
17.0	1.3	0	100	6
23.0	1.3	0	100	6
24.0	1.3	100	0	6
28.0	1.3	100	0	6
29.0	1.0	100	0	6

Table 3-3. Concentrations of free amino acids of vegetable-type and grain-type soybean cultivars grown in 1992. (mM/kg-D.W.)

Cultivar	Asp	Glu	Asn	Ser	His
vegetable-type soybean					
Shirayama-dadacha	2.05±0.08	18.25±0.15	29.43±0.83	5.57±0.49	6.15±0.27
Sapporo-midori	2.71±0.07	6.79±0.22	24.80±1.23	4.07±0.89	3.20±0.38
Wase-midori	1.73±0.24	14.50±2.18	27.16±4.70	3.01±0.45	5.26±0.85
Wase-Shirayama-dadacha	2.54±0.17	17.58±0.64	34.43±0.54	5.40±0.59	5.36±0.22
Shonai 5	1.98±0.16	22.60±2.37	31.27±3.53	6.00±0.50	6.70±0.51
Shiroge-green	1.88±0.21	4.17±0.22	22.19±0.36	3.49±0.56	2.17±0.38
Shinsetsu-midori	2.16±0.06	6.39±0.31	25.07±1.79	3.97±0.54	3.17±0.40
Ezo-midori	2.12±0.19	12.18±1.14	34.08±1.94	6.00±1.22	4.97±0.55
Hakucho	2.07±0.16	18.21±1.00	33.06±1.26	6.49±0.88	6.67±1.03
Hokko-midori 2	2.75±0.14	24.02±1.26	46.02±3.13	9.83±0.79	8.34±0.74
Group mean	2.20±0.11	14.47±2.19	30.75±2.16	5.38±0.62	5.38±0.62
grain-type soybean					
Tohoku 70	0.83±0.06	5.61±0.31	11.38±0.22	1.55±0.06	2.74±0.15
Akita-ani	1.12±0.16	7.26±1.18	6.88±1.01	1.21±0.23	1.39±0.37
Fuji-musume	0.53±0.05	3.27±0.32	4.51±0.37	0.70±0.08	0.96±0.13
Shin 3	0.42±0.01	4.38±0.04	2.52±0.06	0.83±0.03	1.25±0.08
Wase-shiroge	0.49±0.01	7.16±0.21	3.95±0.21	1.07±0.08	0.81±0.08
Kokeshijiro	0.56±0.10	4.56±0.23	3.77±0.19	0.87±0.06	1.00±0.08
Raiko	0.60±0.01	6.56±0.08	6.19±0.34	1.09±0.05	1.16±0.20
Miyagi-shirome	1.04±0.08	5.70±0.40	3.09±0.17	1.61±0.10	1.93±0.20
Kurakake	1.09±0.04	3.64±0.15	2.20±0.11	0.99±0.04	1.36±0.15
Nakasen-nari	1.01±0.02	6.70±0.13	1.33±0.06	1.27±0.01	0.60±0.04
Group mean	0.77±0.09	5.48±0.46	4.58±0.93	1.12±0.09	1.32±0.20

Mean ± S.E.: Numerals indicate mean ± standard error.

Table 3-3. Continued.

(mM/kg-D.W.)

Cultivar	Arg	Ala	Pro	Tyr	Var
vegetable-type soybean					
Shirayama-dadacha	7.61±0.18	37.22±0.83	1.69±0.02	1.43±0.08	1.47±0.10
Sapporo-midori	4.11±0.15	16.02±0.97	0.88±0.08	0.77±0.20	1.14±0.03
Wase-midori	5.92±1.07	20.10±2.15	1.05±0.08	1.12±0.14	1.45±0.05
Wase-Shirayama-dadacha	7.95±0.21	38.47±0.51	1.58±0.01	1.37±0.14	1.55±0.05
Shonai 5	5.10±0.34	35.29±3.01	1.14±0.03	1.60±0.22	1.29±0.05
Shiroge-green	3.19±0.09	8.28±0.11	0.75±0.05	0.85±0.25	0.77±0.09
Shinsetsu-midori	3.35±0.21	13.25±0.78	1.07±0.05	0.55±0.02	0.83±0.03
Ezo-midori	5.22±0.31	19.84±1.59	0.97±0.05	0.75±0.02	1.18±0.10
Hakucho	7.38±0.44	21.13±0.78	1.23±0.07	1.65±0.29	1.92±0.11
Hokko-midori 2	6.08±0.41	42.98±1.44	1.81±0.12	2.06±0.35	2.35±0.16
Group mean	5.59±0.54	25.26±3.84	1.21±0.11	1.22±0.15	1.39±0.15
grain-type soybean					
Tohoku 70	1.68±0.04	5.94±0.07	0.84±0.04	0.49±0.17	0.89±0.11
Akita-ani	1.19±0.16	5.19±1.03	0.67±0.14	0.55±0.06	0.71±0.11
Fuji-musume	0.68±0.07	2.37±0.23	0.58±0.06	0.35±0.04	0.49±0.02
Shin 3	0.52±0.03	2.78±0.03	0.57±0.01	0.51±0.04	0.65±0.04
Wase-shiroge	0.85±0.03	5.49±0.34	0.76±0.04	0.61±0.02	0.92±0.03
Kokeshijiro	1.03±0.05	3.78±0.13	0.69±0.10	0.60±0.10	0.79±0.07
Raiko	0.95±0.03	4.16±0.25	0.83±0.06	0.49±0.12	0.80±0.16
Miyagi-shirome	1.89±0.09	6.25±0.47	0.83±0.06	0.50±0.04	0.70±0.03
Kurakake	1.46±0.11	3.90±0.24	0.57±0.04	0.55±0.06	1.12±0.11
Nakasen-nari	1.29±0.03	5.85±0.20	0.71±0.04	0.49±0.08	0.87±0.10
Group mean	1.15±0.14	4.57±0.43	0.70±0.04	0.51±0.02	0.79±0.05

Mean ± S.E.: Numerals indicate mean ± standard error.

Table 3-3. Continued.

(mM/kg-D.W.)

Cultivar	Met	Ile	Leu	Phe	Lys
vegetable-type soybean					
Shirayama-dadacha	0.96±0.02	0.58±0.01	0.88±0.01	1.43±0.15	1.15±0.02
Sapporo-midori	0.51±0.03	0.40±0.04	0.65±0.03	0.79±0.07	0.74±0.01
Wase-midori	0.95±0.07	0.50±0.03	0.62±0.05	1.09±0.25	0.61±0.10
Wase-Shirayama-dadacha	1.00±0.03	0.58±0.01	0.79±0.02	1.37±0.14	1.27±0.04
Shonai 5	1.03±0.07	0.50±0.03	0.68±0.06	1.14±0.03	0.78±0.04
Shiroge-green	0.48±0.01	0.31±0.02	0.51±0.05	0.44±0.03	0.57±0.02
Shinsetsu-midori	0.52±0.01	0.41±0.11	0.65±0.03	0.81±0.07	0.78±0.07
Ezo-midori	0.94±0.10	0.45±0.02	0.59±0.04	0.82±0.12	0.68±0.08
Hakucho	1.11±0.09	0.79±0.08	0.93±0.10	1.17±0.12	0.82±0.05
Hokko-midori 2	1.66±0.14	1.07±0.05	1.18±0.09	1.82±0.39	0.92±0.08
Group mean	0.91±0.11	0.56±0.07	0.75±0.06	1.09±0.13	0.83±0.07
grain-type soybean					
Tohoku 70	0.55±0.03	0.30±0.02	0.48±0.03	0.50±0.05	0.39±0.01
Akita-ani	0.53±0.12	0.25±0.05	0.43±0.07	0.48±0.10	0.25±0.03
Fuji-musume	0.43±0.04	0.17±0.01	0.32±0.03	0.32±0.02	0.23±0.02
Shin 3	0.54±0.01	0.21±0.01	0.36±0.01	0.32±0.01	0.20±0.01
Wase-shiroge	0.50±0.02	0.32±0.03	0.55±0.04	0.49±0.03	0.37±0.01
Kokeshijiro	0.55±0.01	0.29±0.01	0.49±0.01	0.45±0.01	0.33±0.02
Raiko	0.51±0.06	0.30±0.01	0.48±0.01	0.46±0.02	0.29±0.01
Miyagi-shirome	0.68±0.03	0.28±0.02	0.49±0.04	0.44±0.04	0.18±0.01
Kurakake	1.45±0.11	0.30±0.02	0.35±0.02	0.33±0.02	0.16±0.01
Nakasen-nari	0.88±0.03	0.27±0.02	0.44±0.03	0.39±0.03	0.18±0.01
Group mean	0.66±0.10	0.27±0.02	0.44±0.02	0.42±0.02	0.26±0.03

Mean ± S.E.: Numerals indicate mean ± standard error.

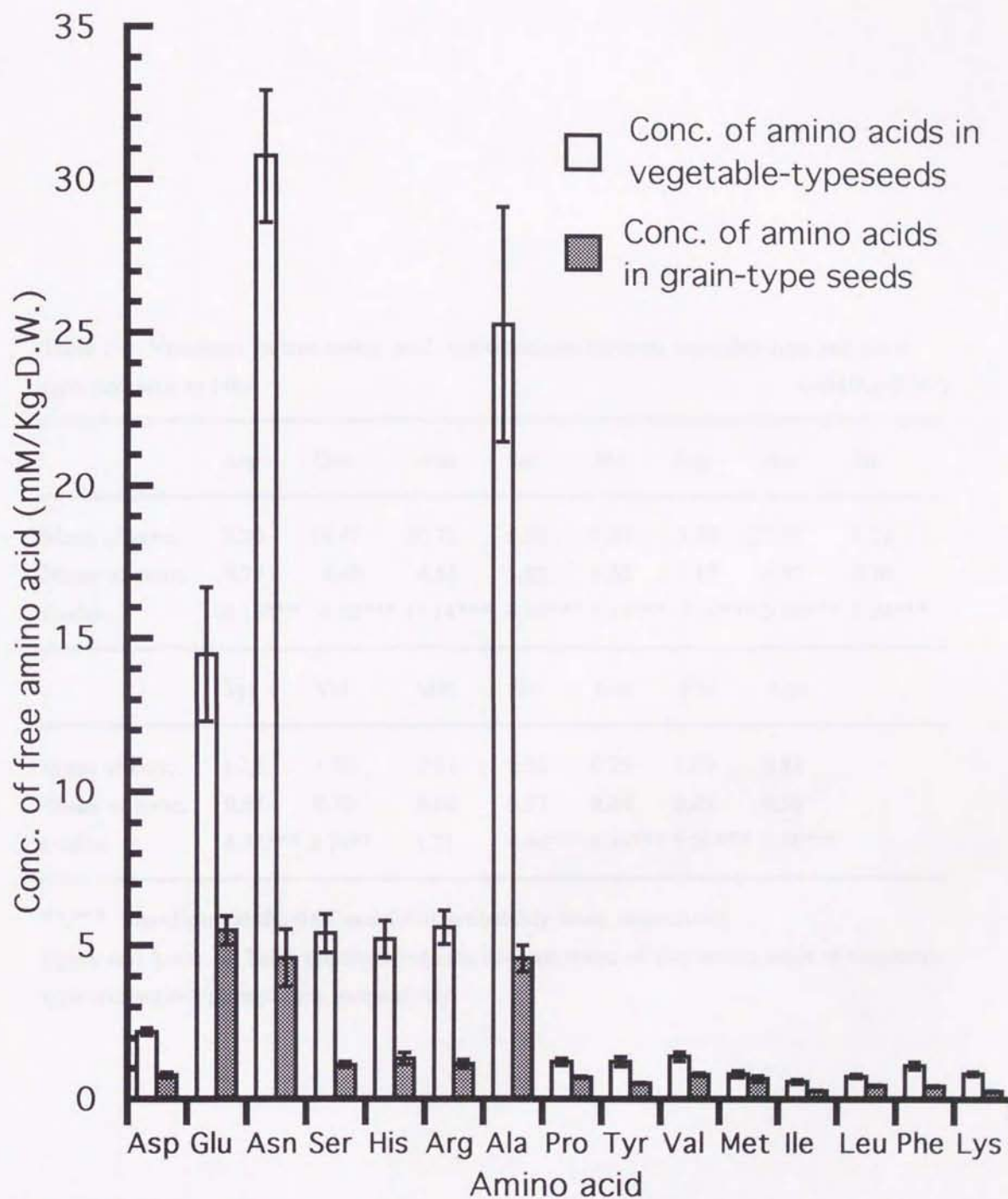


Fig.3-1. Mean concentrations of free amino acids in immature seeds of vegetable-type and grain-type soybean cultivars in 1992.

Table 3-4. Variations in free amino acid concentrations between vegetable-type and grain-type soybeans in t-test. (mM/Kg-D.W.)

	Asp	Glu	Asn	Ser	His	Arg	Ala	Pro
Mean of conc.	2.20	14.47	30.75	5.38	5.20	5.59	25.26	1.21
Mean of conc.	0.77	5.48	4.58	1.12	1.32	1.15	4.57	0.70
t-value	10.15***	4.02***	11.14***	6.78***	6.14***	7.92***	5.36***	4.24***

	Tyr	Val	Met	Ile	Leu	Phe	Lys
Mean of conc.	1.22	1.39	0.91	0.56	0.75	1.09	0.83
Mean of conc.	0.51	0.79	0.66	0.27	0.44	0.42	0.26
t-value	4.52***	3.74**	1.71	4.04***	4.58***	5.29***	7.58***

** , ***: Significant at the 0.01 and 0.001 probability level, respectively.

Upper and lower (in bold) numerals indicate concentrations of free amino acids of vegetable-type and grain-type soybeans, respectively.

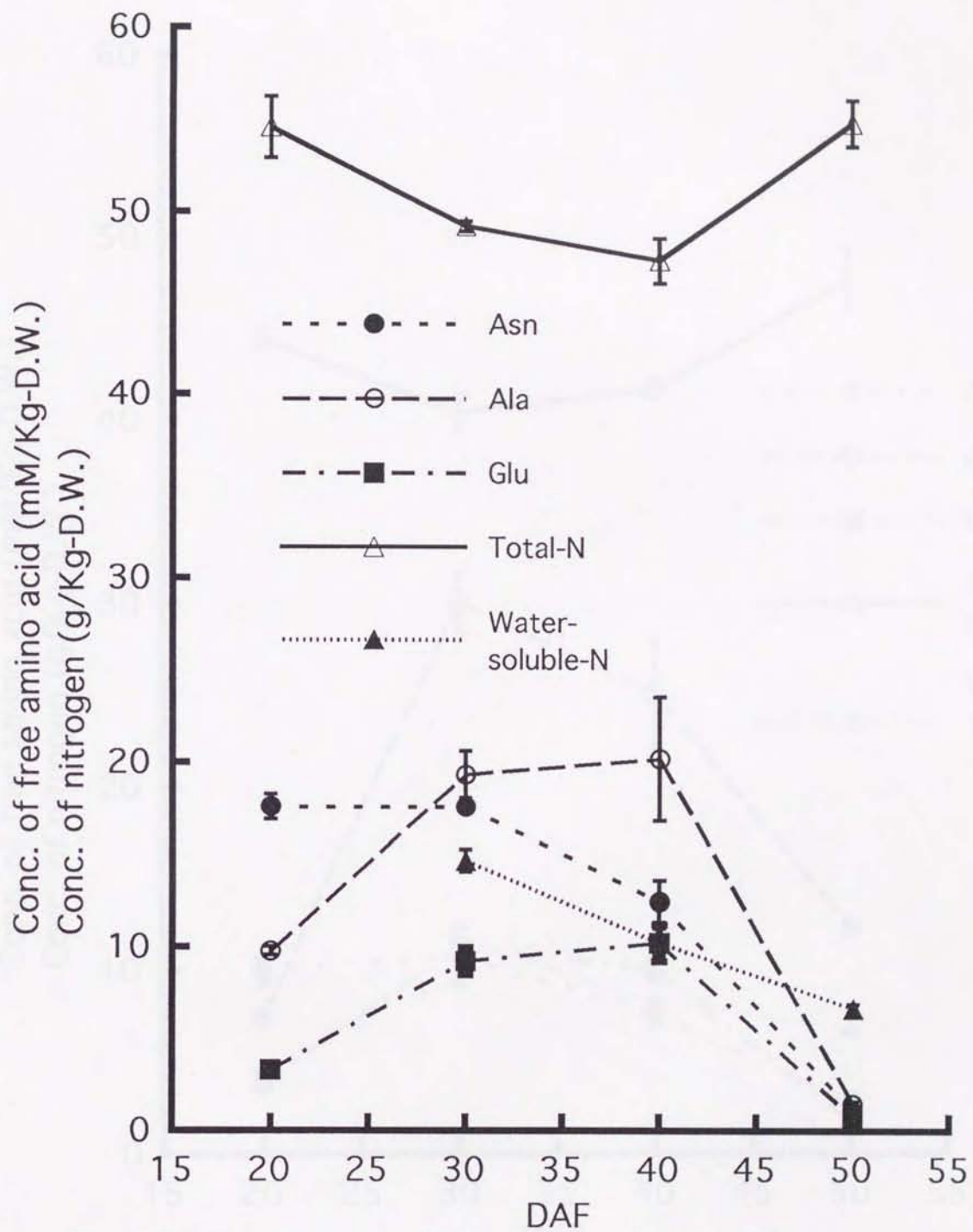


Fig. 3-2. Concentrations of the three major free amino acids and concentrations of the total and water-soluble N in seeds of an edamame cultivar (Sapporo-midori) at the ripening stage in 1993.

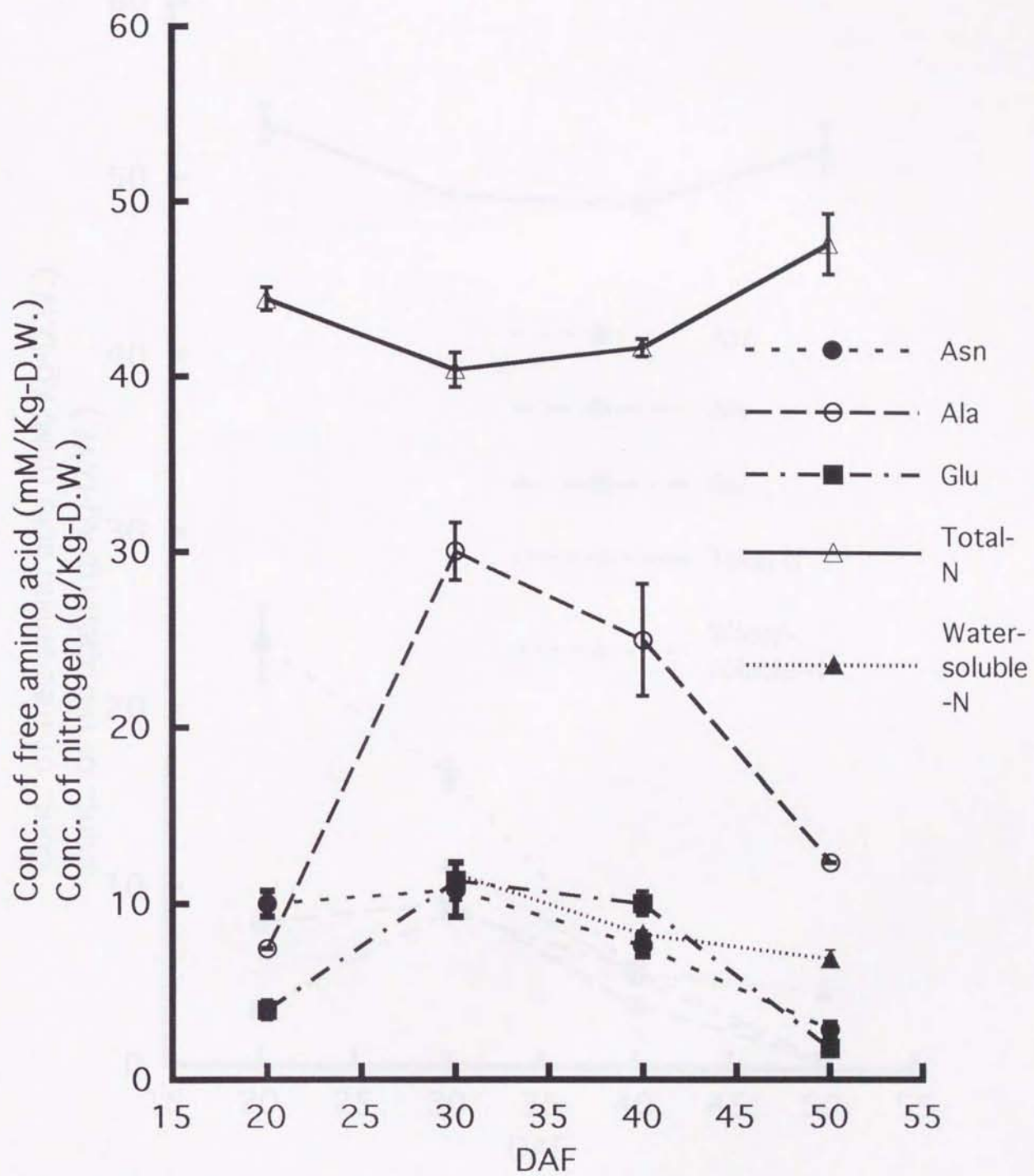


Fig. 3-3. Concentrations of the three major free amino acids and concentrations of the total and water-soluble N in seeds of an edamame cultivar (Shirayama-dadacha) at the ripening stage in 1993.

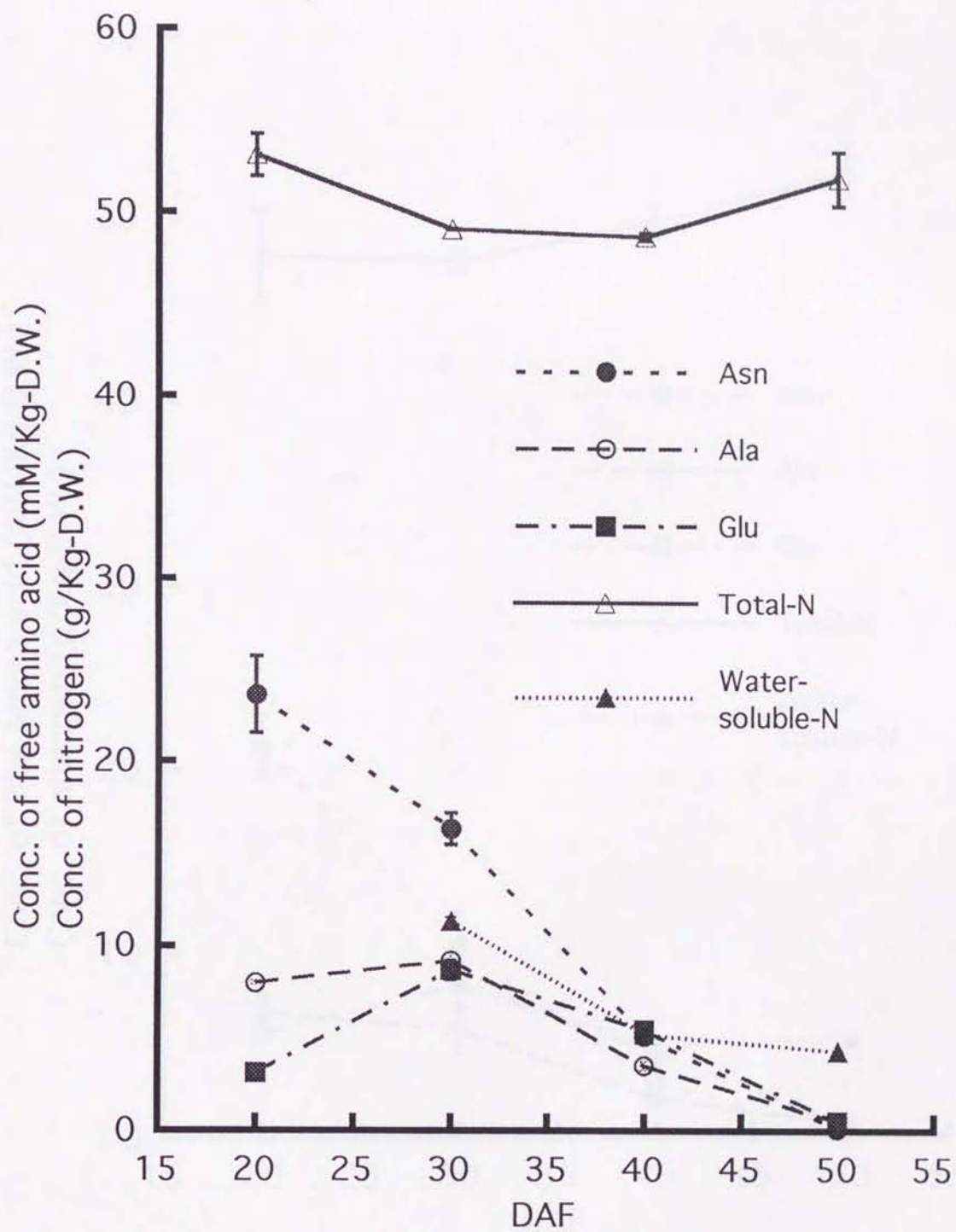


Fig. 3-4. Concentrations of the three major free amino acids and concentrations of the total and water-soluble N in seeds of grain-type cultivar (Tohoku 70) at the ripening stage in 1993.

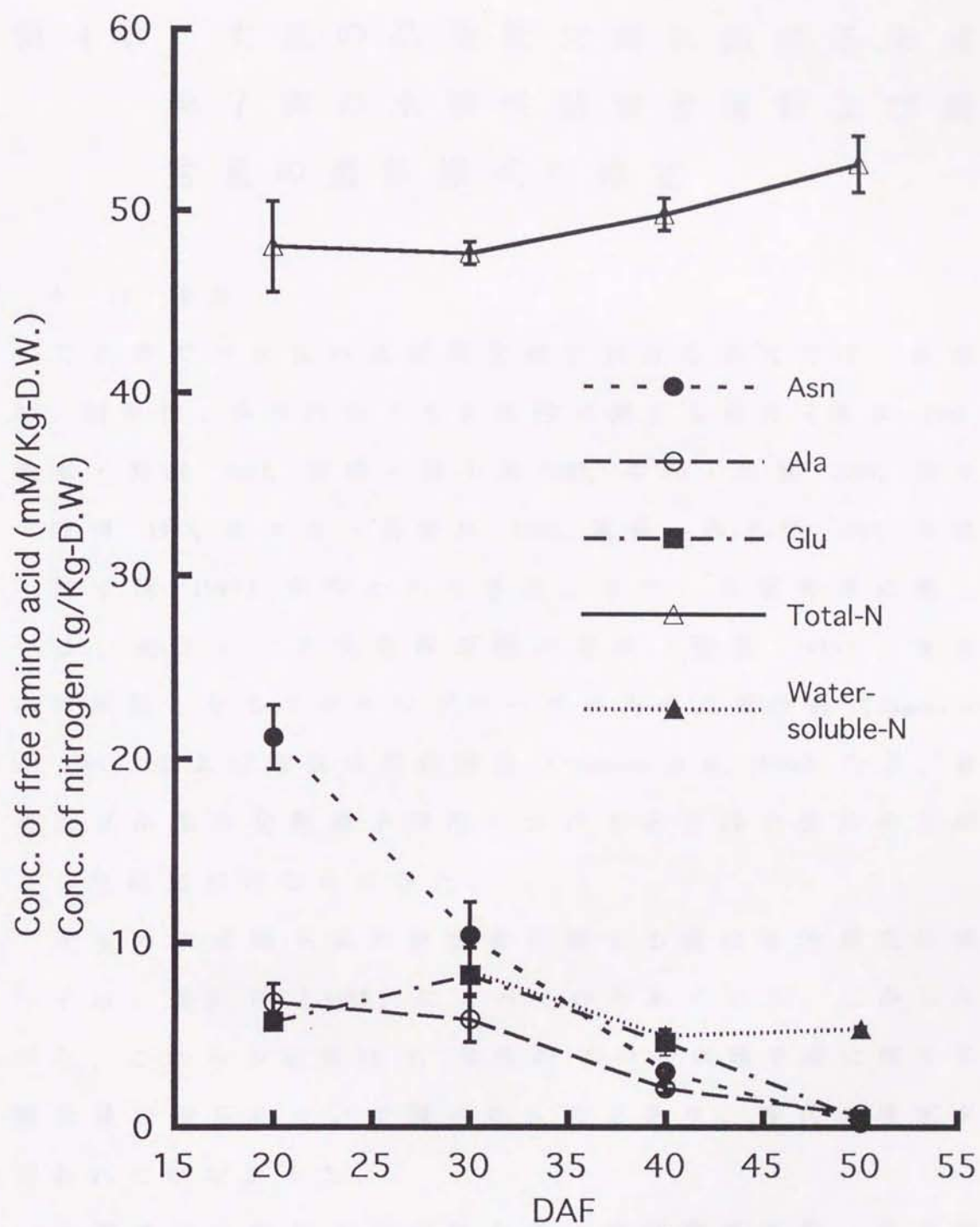


Fig. 3-5. Concentrations of the three major free amino acids and concentrations of the total and water-soluble N in seeds of grain-type cultivar (Akita-ani) at the ripening stage in 1993.

第4章 大豆の品種間交雑における未成熟子実の水溶性窒素含量および糖含量の遺伝様式の推定

4-1 緒言

これまでの大豆の品種間交雑における研究では、耐病性、耐虫性、多収性など生育特性に関する研究（橋本 1987; 橋本・長沢 1987; 宮崎・御子柴 1987; 中村・大庭 1987; 酒井・砂田 1987; 佐々木・異儀田 1987; 重盛・御子柴 1987; 高橋・御子柴 1987）が行われてきた。また、品質特性に関しては、高タンパク性品種系統の育成（海妻 1975）、青臭みの原因となるリポキシゲナーゼ欠失の品種改良（Hajika et al., 1991）および脂質の質的改良（Rahman et al., 1996）など、普通大豆品種の完熟種子段階における含有成分改良を目的とした研究が行われてきた。

大豆の未成熟子実の糖含量に関する遺伝学的研究に関しては、鶴沢ら（1987）によって行われている。しかしながら、これらの結果は F_1 世代の F_2 の未成熟子実に関する糖含量の遺伝について調べたものであり、後代の検定が行われていなかった。

本章では、枝豆大豆品種の高水溶性窒素含量、高全糖含量を示す白山ダダチャ、中生光黒と普通大豆品種であるヒゴムスメとの交配を行い、 F_2 世代における水溶性窒素含量および全糖含量の遺伝を調査し、さらに、 F_3 世代における後代検定を行った。また、 F_2 世代における 2 つ

の含有成分と諸形質との関係も検討した。

白山ダダチャ、中生光黒は、ヒゴムスメに比べて収量性が低い (Table 4-5)。そのため、F₃世代において、2つの成分含量と収量性との関係を調査して、良食味で多収性の品種の育成に関する育種学的基礎知見を得ようと試みた。

また、第1章で述べたように、水溶性窒素含量と全糖含量との間に正の相関があることが示されている。本章では、水溶性窒素含量の分析により全糖含量の高い系統の選抜の可能性について検討した。

4-2 材料および方法

実験 1

1993年に山形大学農学部附属農場において、枝豆大豆品種の白山ダダチャおよび中生光黒を母とし、普通大豆品種のヒゴムスメを父として、品種間交雑を行った。1994年に、 F_1 植物を養成し、 F_2 種子を収穫した。1995年には、 F_2 種子をハウス内でポットに播種し、初生葉展開時に定植を行った。畝間は80cmとし株間は15cmとした。白山ダダチャ×ヒゴムスメ（略記号SH）の組み合わせでは106個体、中生光黒×ヒゴムスメ（略記号CH）の組み合わせにおいて96個体が、それぞれの組み合わせにおいて、 F_2 個体が正常に生育した。これらの個体より、70%開花から35日後に未成熟子実を中位節より上位部から35~40莢収穫した。収穫した莢より未成熟子実を取り出し、その後のサンプル処理は、第1章と同様に行った。また、これらの各個体ごとに花色、種皮色、30莢当たりの重量を調査し、さらに、水溶性窒素含量および全糖含量の分析を第1章と同様の方法で行った。

実験 2

1996年に、前年の水溶性窒素含量の結果にもとづき、SH系統、CH系統とも、高水溶性窒素含量を示した5系統および低水溶性窒素含量を示した5系統ごとに、それぞれ20個体ずつの前年と同様に、播種、定植を行い、 F_3 個体を養成した。70%開花から35日後に、各系統から5個体、計100個体をサンプリングし、草丈、1個体当たりの莢数、莢重の調査を行った。さらに、各個体ごとに1個体当たり35

～40莢から未成熟子実を取り出して前年と同様にサンプル処理を行い、水溶性窒素含量および全糖含量の分析を行い、両成分の F₂ 世代から F₃ 世代の後代検定を行い、成分と収量の関係も検討した。

4-3 結果

実験 1

普通大豆品種であるヒゴムスメは、70%開花から枝豆として収穫適期である30日後には、水溶性窒素含量および全糖含量が普通大豆品種と同様の値を示した(第1章)。普通大豆品種は、登熟中における遊離アミノ酸含量が70%開花から30日目をピークにその後減少した(第3章)。本実験では、収穫適期より5日遅れた70%開花から35日後にサンプリングを行い、ヒゴムスメと白山ダダチャおよび中生光黒との間に差異がみられた(Table 4-1)。

白山ダダチャ×ヒゴムスメおよび中生光黒×ヒゴムスメの水溶性窒素含量、全糖含量、30莢当たりの重量の F_2 世代における分離をTable 4-1に示した。Fig. 4-1では、全糖含量、Fig. 4-2では水溶性窒素含量の F_2 世代の分離の状態を頻度分布で示した。白山ダダチャ×ヒゴムスメの組み合わせにおける F_2 個体の含有成分については、高全糖含量性および高水溶性窒素含量性がともに劣性の傾向を示した。また、遺伝率については、全体の全糖含量が0.448、水性窒素含量が0.508と選抜効率は中程度であった。中生光黒×ヒゴムスメの組み合わせにおける F_2 個体の含有成分は、高全糖含量性および高水溶性窒素含量性がそれぞれ優性傾向を示した。また、遺伝率については、全体の全糖含量が0.476、水溶性窒素含量が0.349と選抜効率は、やや低くなる傾向にあった。本実験においては、2つの組み合わせにおける高糖含量および高水溶性窒素含量の遺伝様式が異なり、両形質が優性か劣性かを推定するまでには

至らなかった。

30 莢当たりの重量については、白山ダダチャ×ヒゴムスメの組み合わせの F_2 世代は、48.81g/30-pods であり、また、中生光黒×ヒゴムスメの組み合わせの F_2 世代では 55.03g/30-pods とどちらの組み合わせとも両親の中間の値を示した (Table 4-1)。

2つの成分含量および莢サイズの相関関係を Table 4-2 に示した。2つの組み合わせともに全糖含量と水溶性窒素含量の間に正の相関が見られた。また、30 莢当たりの重量と 2つの成分含量については、中生光黒×ヒゴムスメとの組み合わせで水溶性窒素含量と正の相関が見られた以外は、相関関係がみられなかった。

種皮色および花色などの外観形質と両成分との関係の F_2 世代の結果を Table 4-3 に示した。種皮色については、白山ダダチャ×ヒゴムスメの種皮色の分離について Fig. 4-3 に示した。完全に茶色となる系統群と、部分的に茶色となる系統および黄色の種皮との系統を一つの系統群として、2群に分けて考慮した。その結果、両成分と種皮色との関係はみられなかった。また、白花および紫花の 2群間においては、水溶性窒素含量のみ白花の個体群が紫花の個体群に比べて高い値を示した。次に、中生光黒×ヒゴムスメの組み合わせにおける種皮色の分離については、Fig. 4-4 に示した。完全に黒色となる系統および暗褐色になる系統を一つの系統群とし、部分的に黒色となる種皮および黄色、緑色になる系統群と 2群に分けて考慮した。その結果、両成分の 2群間での有意性はみられなか

った。花色については、前者の組み合わせと同様に、水溶性窒素含量について、白花の個体群が高い値を示した。

実験 2

Table 4-4 では、 F_2 世代で高い水溶性窒素含量値を示した 5 系統（以下、高系統群）、および低い水溶性窒素含量値を示した 5 系統（以下、低系統群）での F_3 世代における両成分含量の分離を示した。白山ダダチャ×ヒゴムスメの高系統群では、ヒゴムスメの水溶性窒素含量より高い値を示し、さらに 3 系統が、白山ダダチャと同等の値を示した。しかし、標準偏差値は、親系統の白山ダダチャより高い値を示し、系統内での分離を示した。低系統群では、両親との中間の値を示した系統が 2 系統およびヒゴムスメと同様の分離を示した 3 系統みられた。中生光黒×ヒゴムスメの高系統群では、ヒゴムスメの水溶性窒素含量より高い値を示したが、この中で中生光黒と同様の値を示した系統は、1 系統であった。低系統群では、前者の組み合わせと同様に、両親との中間の値を示した系統が 2 系統およびヒゴムスメと同様の値を示した 3 系統みられた。Fig. 4-5 では、白山ダダチャ×ヒゴムスメ、Fig. 4-6 では、中生光黒×ヒゴムスメの F_3 世代での水溶性窒素含量と全糖含量の関係を示した。SH 系統では、高系統群の SH51 および SH67 が、白山ダダチャと同様の値を示した。しかし、標準偏差値は大きく系統内での分離がみられた。低系統群については、両親間の中間の値を示した。CH 系統群では、高系統群では、前者の組み合わせとは異なり、中生光黒と同様の値を示す系統はみられなかった。低系

統群については、前者の組み合わせと同様に両親の中間の値を示した。

Table 4-5では、親品種および F₃世代での各系統の枝豆として収穫される未成熟莢の収量 (g/plant) を示した。親品種は、枝豆大豆品種の白山ダダチャ、中生光黒とも普通大豆品種のヒゴムスメと比較して低い値を示した。白山ダダチャ×ヒゴムスメでは、両親の中間の値を示した系統が7系統、低収量性の白山ダダチャと同様の値を示した系統が3系統であった。中生光黒×ヒゴムスメでは両親の中間の値を示す系統が9系統、高収量性のヒゴムスメと同様の値を示したのは1系統であった。F₃世代においては、各系統の標準偏差値が高く、系統内の分離がみられた。

Fig. 4-7では、白山ダダチャ×ヒゴムスメ、Fig. 4-8では、中生光黒×ヒゴムスメの水溶性窒素含量と枝豆としての未成熟莢の収量の関係を示した。どちらの組み合わせとも、高系統群では、水溶性窒素含量値が高くなるほど収量性が低くなる傾向がみられた。Table 4-6では、枝豆としての未成熟莢の収量と水溶性窒素含量および全糖含量との相関関係を示した。SH系統、CH系統とも高系統群では、両軍間に有意差はみられなかったが負の相関関係がみられた。

4-4 考察

これまで、大豆の未成熟子実を食用とする枝豆の質的改良に関する研究は少なく、Takahashi (1991) や Shanmugasundaram (1991) によって行われたのみである。本研究では、高糖含量性および高水溶性窒素含量性を示す枝豆大豆品種と普通大豆品種との交雑を行い、両成分の遺伝について検討した。

普通大豆品種として用いたヒゴムスメは、高水溶性窒素含量を示す系統であり、枝豆としての収穫適期からの収穫を遅らせることで品種間の差異が認められたが、両形質の遺伝については結論を出すに至らなかった。しかし、 F_2 世代で高水溶性窒素含量を示した系統が、系統内ではばらつきがみられたものの F_3 世代で白山ダダチャおよび中生光黒と同様の値を示した。さらに、高い水溶性窒素含量を示した系統が、全糖含量においても高い値を示した系統がみられ、早い世代で良食味の系統選抜が可能であることが示唆された。

山形県庄内在来品種の種皮が茶色のダダチャマメ系統や黒色の中生光黒および黒鉄砲（早生）など有色品種において水溶性窒素含量と全糖含量とも高い値を示した（第1章）。しかし、種皮と水溶性窒素含量と全糖含量との間に連鎖関係はみられなかった。すなわち、種皮が有色の系統は、良食味の枝豆の選抜における指標とはならないことが明らかとなった。これらの成分含量と外観形質との連鎖関係を検討することが今後の課題となる。

収量性との関係については、相関関係がみられなかつ

たが、SH系統群およびCH系統群の高系統群で負の相関となる傾向がみられた。このことは、遺伝的要因の他にシンク・ソースバランスにより両成分が上昇する可能性があることを示唆しているが、この点は今後の研究課題である。

4 - 5 摘要

本研究では枝豆大豆品種である白山ダダチャおよび中生光黒と普通大豆品種であるヒゴムスメとの交配を行い、水溶性窒素含量および全糖含量の遺伝、および両成分と外観形質との連鎖関係を検討した。また、 F_2 世代において高い水溶性窒素含量値を示した系統の後代での検定、および収量性との関係について検討した。

両成分の遺伝については結論を出すことは出来なかったが、 F_2 世代で高い水溶性窒素含量値を示した系統が、 F_3 世代で白山ダダチャ×ヒゴムスメで3系統および中生光黒×ヒゴムスメで1系統みられた。また、高い水溶性窒素含量値を示した系統が、高い全糖含量値を示した系統がみられた。すなわち、 F_2 世代での1成分を指標とした系統選抜が可能であることが示唆された。種皮および花色の外観形質と、両成分との連鎖関係はみられなかった。また、収量性と両成分に有意性はみられなかったが、高い水溶性窒素含量値を示した系統が低収量となり、負の相関になる傾向がみられた。水溶性窒素含量および全糖含量が、遺伝的要因の他に、シンク・ソースバランスによって高まる可能性があることが考えられるが、この点は、今後の研究課題として残った。

Table 4-1. Variations in concentrations of total sugar, water-soluble nitrogen and pods weight.

Source	Number of plants	Concentration of				Weight of	
		total sugar (mg/g-D.W.)		water-soluble N (mg/g-D.W.)		pods (g/30-pods)	
		Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Combination: Shirayama-dadacha×Higo-musume							
Shirayama-dadacha	15	91.14	4.45	10.76	1.01	61.75	3.38
Higo-musume	15	30.87	6.51	8.93	1.28	37.42	3.60
F ₂ generation	106	47.61	15.44	9.12	1.05	48.81	5.87
Heritability		0.448		0.508		0.651	
Combination: Chusei-hikarikuro×Higo-musume							
Chusei-hikarikuro	15	65.02	12.01	10.50	1.28	67.88	5.00
Higo-musume	15	30.87	6.51	8.93	1.32	37.40	3.60
F ₂ generation	96	51.41	13.33	10.45	1.57	55.03	5.78
Heritability		0.476		0.349		0.427	

S.D.: Standard deviation.

Fig. 4-2. Changes in concentrations of total sugar in F₂ generation.

SH: Shirayama-dadacha × Higo-musume

CH: Chusei-hikarikuro × Higo-musume

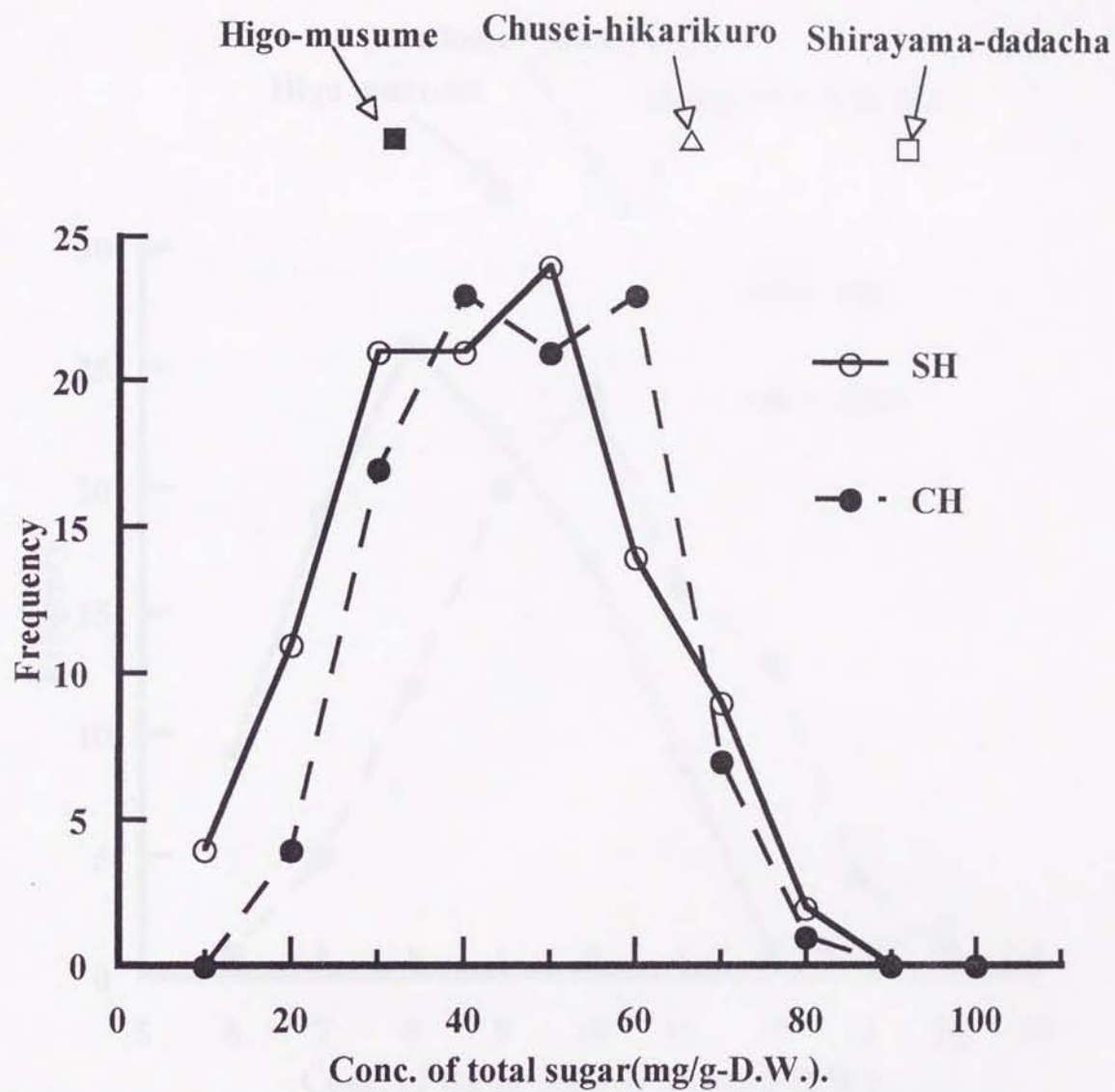


Fig. 4-1. Changes in concentrations of total sugar in F_2 generation.

SH: Shirayama-dadacha x Higo-musume

CH: Chusei-hikarikuro x Higo-musume

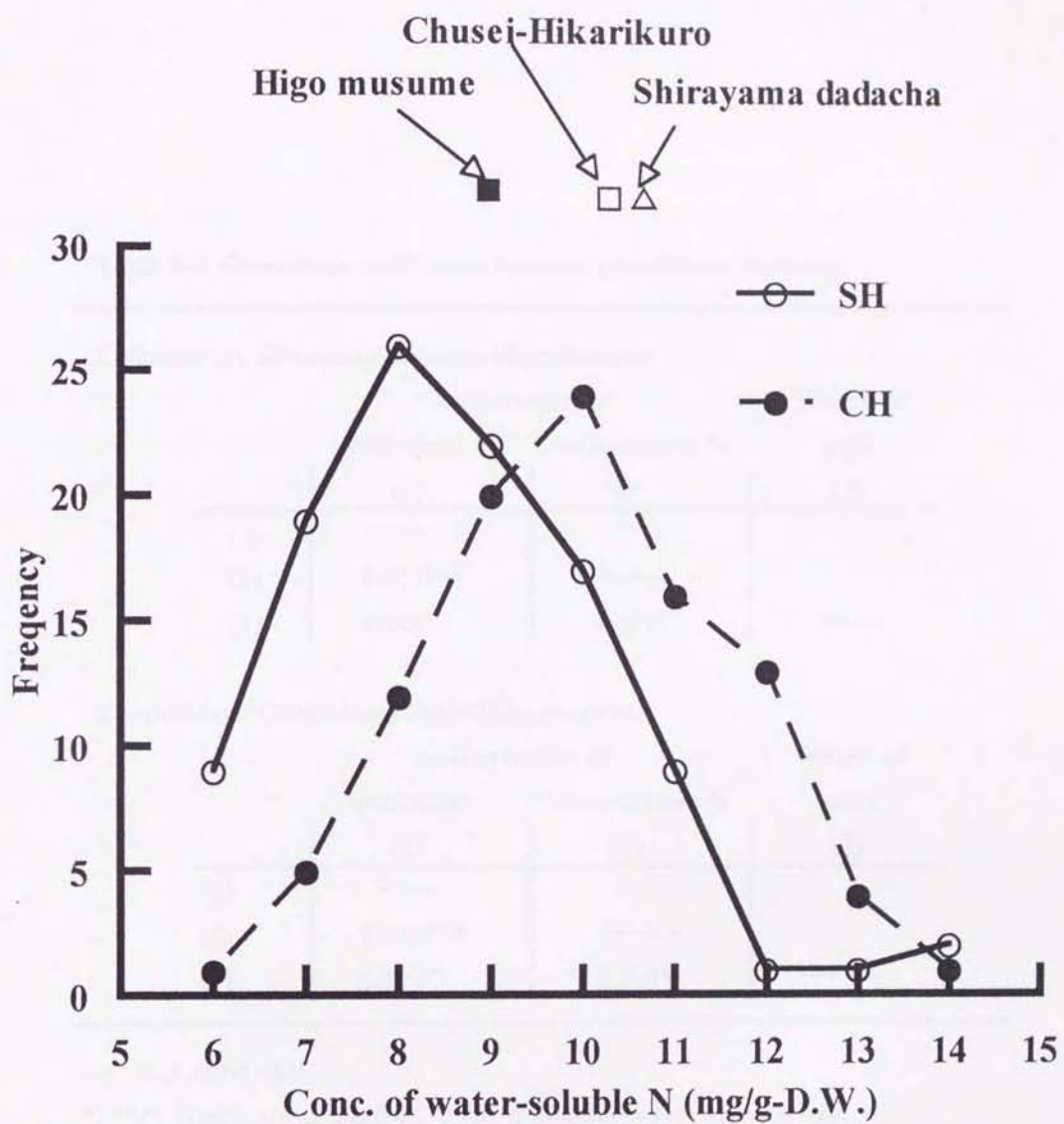


Fig. 4-2. Changes in concentrations of water-soluble nitrogen in F₂ generation.

SH: Shirayama-dadacha x Higo-musume

CH: Chusei-hikarikuro x Higo-musume

Table 4-2. Correlation coefficients between quantitative characters.

Combination: Shirayama-dadacha×Higo-musume

	Concentration of		Weight of pods (3)
	total sugar (1)	water-soluble N (2)	
(1)	—		
(2)	0.417***	—	
(3)	0.048 ^{n.s.}	0.116 ^{n.s.}	—

Combination: Chusei-hikarikuro×Higo-musume

	Concentration of		Weight of pods (3)
	total sugar (1)	water-soluble N (2)	
(1)	—		
(2)	0.383***	—	
(3)	0.117 ^{n.s.}	0.252*	—

n.s.: Not significant.

*, ***: Significant at the 0.05, 0.001 probability level, respectively.

Table 4-3. Relationships between qualitative and quantitative characters.

		Number of plant	Concentration of	
			total sugar Mean(mg/g-D.W.)	water-soluble N Mean(mg/g-D.W.)
Combination: Shirayama-dadacha×Higo-musume				
Color of seed coat	Brown	26	46.62	8.85
	Yellow	80	47.94	9.21
	t-value		0.177 ^{n.s.}	0.452 ^{n.s.}
Color of flower	White	23	46.51	9.78
	Purple	83	47.92	8.94
	t-value		0.385 ^{n.s.}	2.189*
Combination: Chusei-hikarikuro×Higo-musume				
Color of seed coat	Black	23	51.54	10.34
	Other Color	73	51.38	10.48
	t-value		0.050 ^{n.s.}	0.352 ^{n.s.}
Color of flower	White	30	54.47	10.95
	Purple	66	50.03	10.22
	t-value		1.523 ^{n.s.}	2.214*

n.s.: Not significant.

*: Significant at the 0.05 provability level.

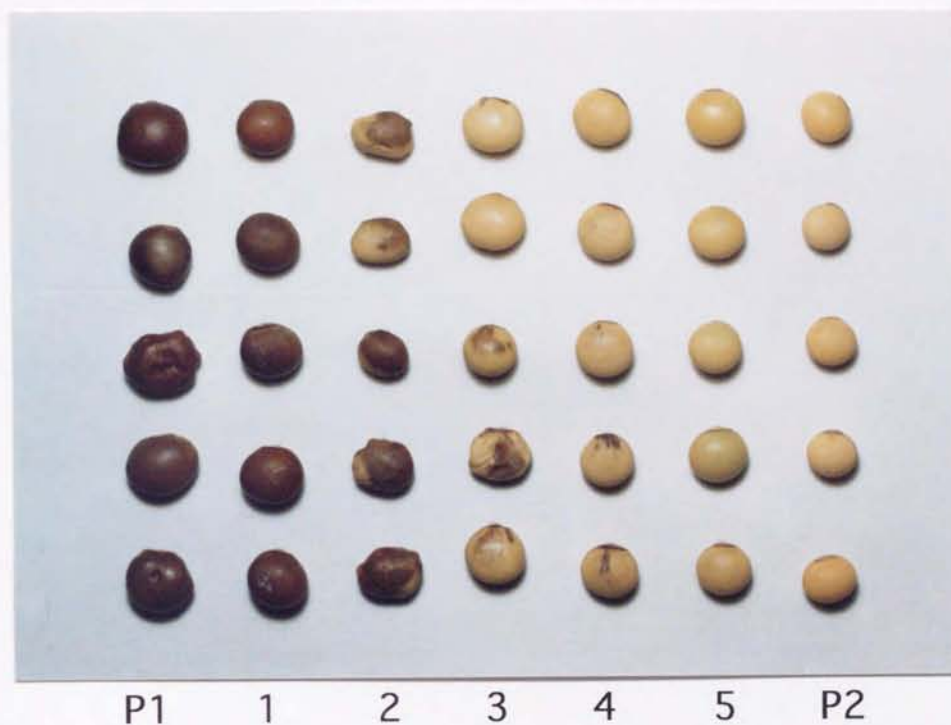


Fig. 4-3. Variations in morphological characteristics of mature soybean seeds in F₂ generation.

(Combination: Shirayama-dadacha × Higo-musume)

P1: Shirayama-dadacha

P2: Higo-musume

1~5: F₂ generation

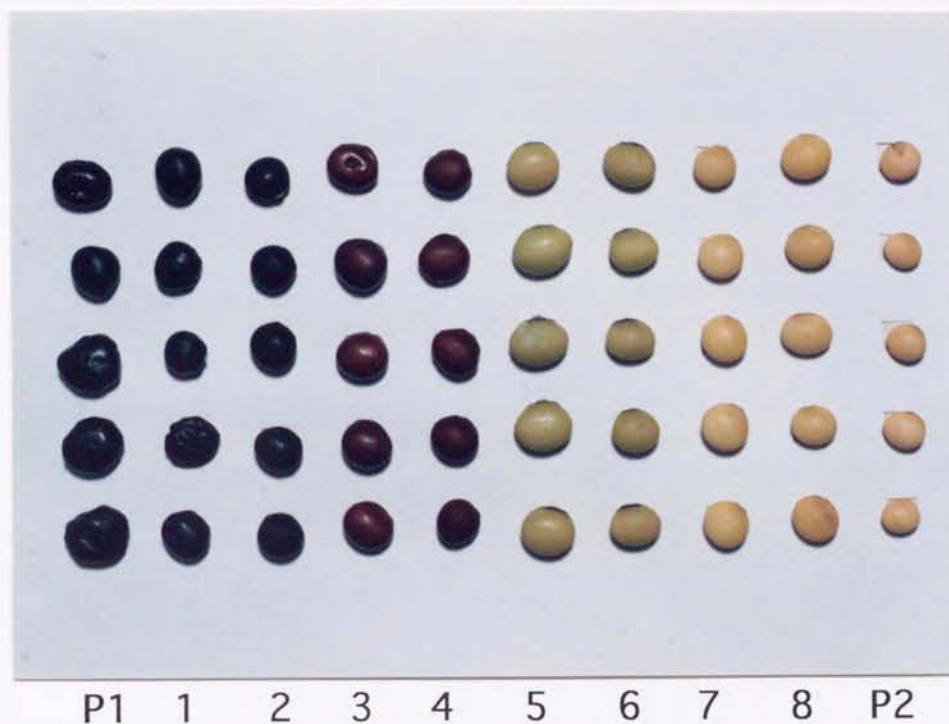


Fig. 4-4. Variations in morphological characteristics of mature soybean seeds in F₂ generation.
 (Combination: Chusei-hikarikuro × Higo-musume)
 P1: Chusei-hikarikuro
 P2: Higo-musume
 1~8: F₂ generation

Table 4-4. Variations in concentrations of water-soluble nitrogen and total sugar in F₃ generation.

Source	Concentration of			
	water-soluble N (mg/g-D.W.)		total sugar (mg/g-D.W.)	
	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Combination: Shirayama-dadacha×Higo-musume				
Shirayama-dadacha	10.93	1.01	128.76	14.76
Higo-musume	7.50	0.49	43.97	5.96
Line I	F ₃ generation			
SH9	9.38	1.65	83.85	15.21
SH27	8.70	0.56	78.39	13.06
SH29	10.93	0.87	92.32	15.42
SH51	11.78	2.26	123.31	20.58
SH67	12.04	0.45	111.79	18.98
Line II				
SH3	7.47	0.87	70.28	3.52
SH4	8.10	1.39	70.32	12.26
SH21	7.74	0.29	68.21	13.11
SH31	9.62	1.23	72.60	20.75
SH100	7.13	0.63	50.12	3.15
Combination: Chusei-hikarikuro×Higo-musume				
Chusei-hikarikuro	12.90	1.59	127.40	2.48
Higo-musume	7.50	0.49	43.97	5.96
Line I	F ₃ generation			
CH61	7.82	0.76	56.02	3.60
CH89	9.78	2.12	51.98	5.87
CH107	8.41	1.03	57.65	6.03
CH137	9.91	0.60	41.79	17.53
CH164	11.47	2.57	69.96	4.36
Line II				
CH5	7.51	0.60	53.76	8.54
CH18	8.20	1.12	63.70	12.85
CH58	6.59	0.36	49.67	11.60
CH136	7.98	0.67	62.84	7.00
CH144	10.61	1.74	80.50	18.52

Line I : With high conc. of water-soluble N.

Line II : With low conc. of water-soluble N.

S.D.: Standard deviation.

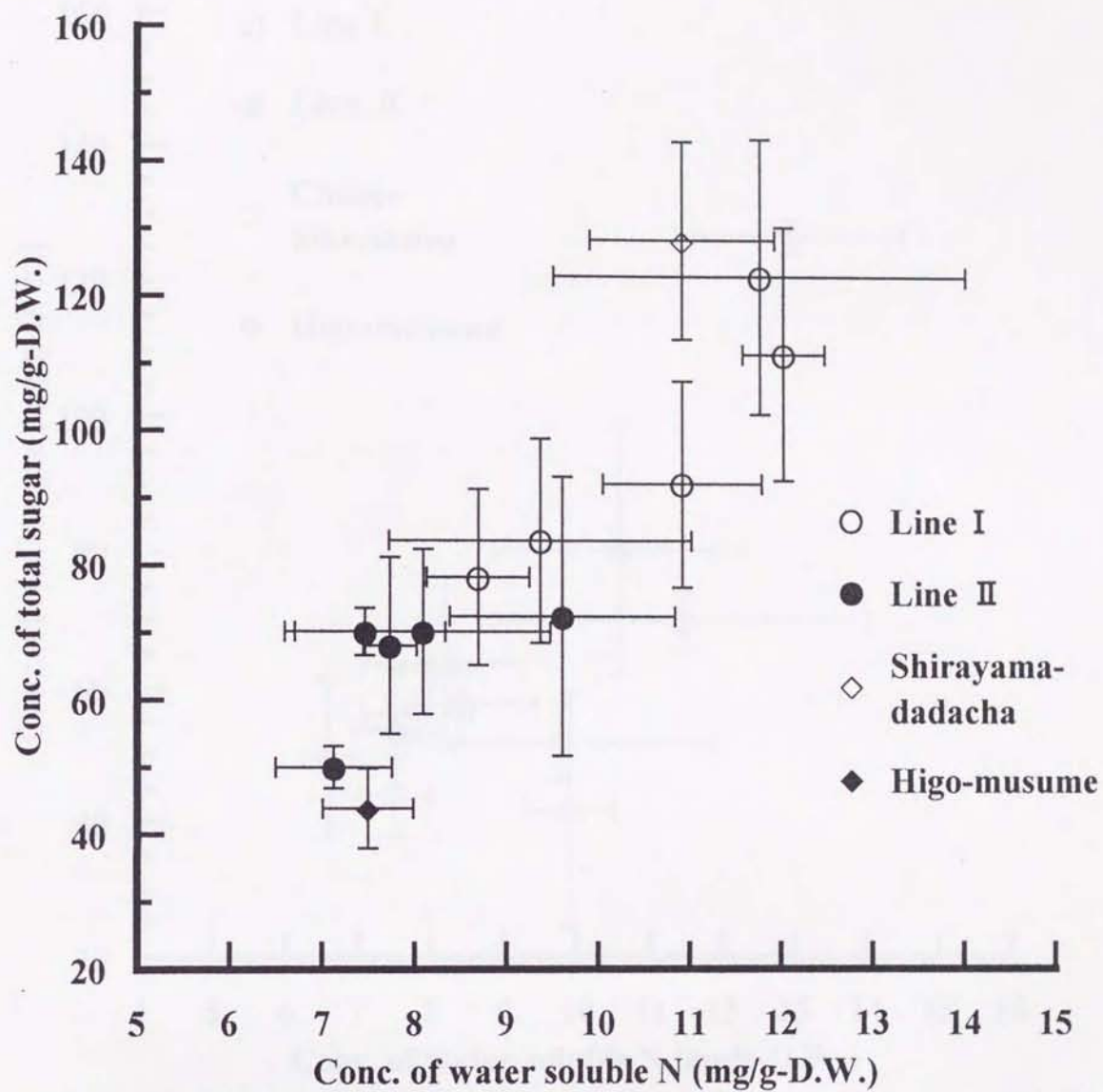


Fig. 4-5. Relationship of concentrations of water soluble nitrogen and total sugar in F_3 generation.
(Combination: Shirayama-dadacha x Higo-musume)

Vertical and horizontal bars indicate standard deviation.
Line I : With high concentrations of water-soluble N.
Line II : With low concentrations of water-soluble N.

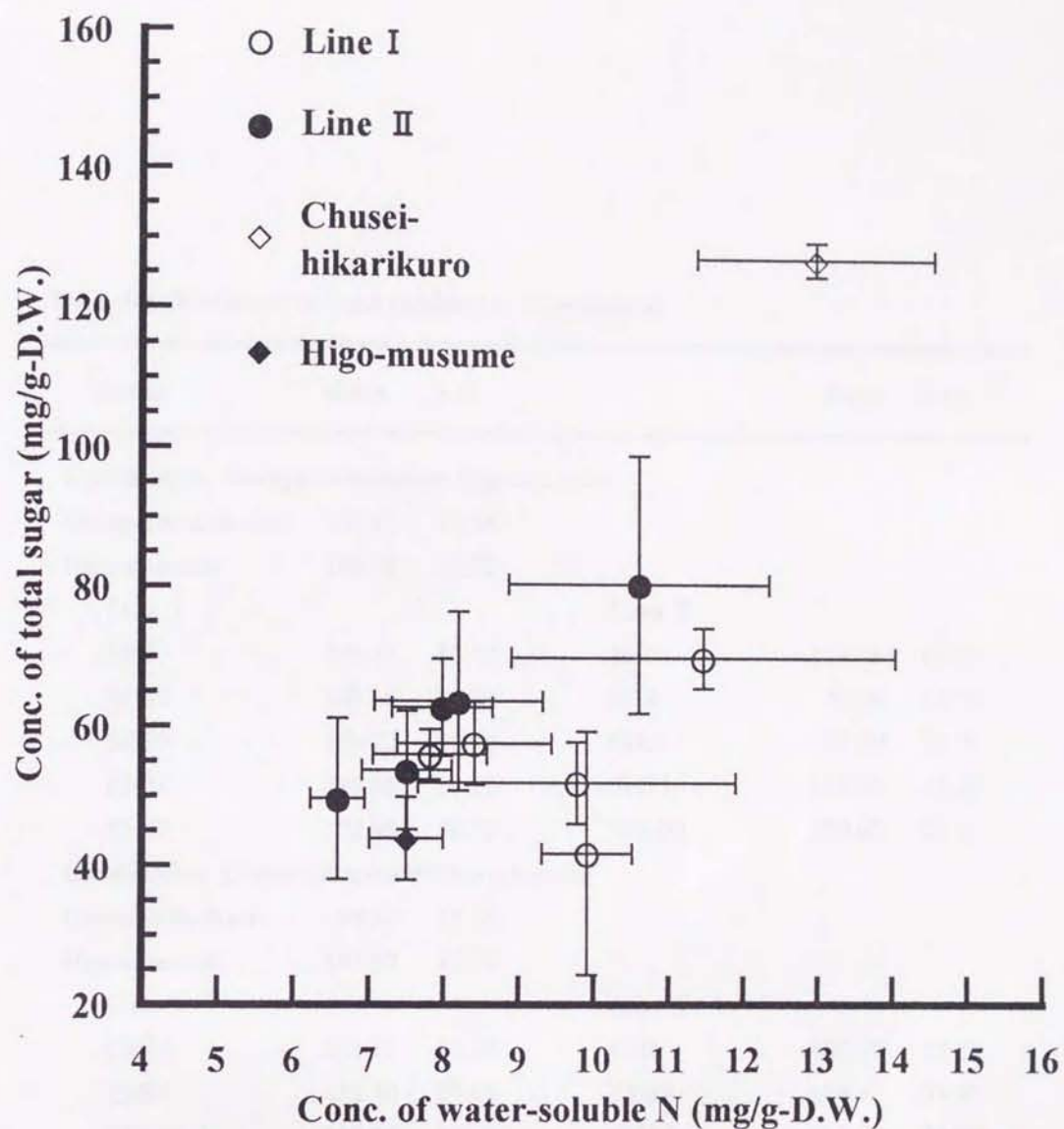


Fig. 4-6. Relationship of concentrations of water-soluble nitrogen and total sugar in F_3 generation. (Combination: Chusei-hikarikuro \times Higo-musume)

Vertical and horizontal bars indicate standard deviation.

Line I : With high concentrations of water-soluble N.

Line II : With low concentrations of water-soluble N.

Table 4-5. Variations in yield (g/plant) in F₃ generation.

Source	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Combination: Shirayama-dadacha×Higo-musume				
Shirayama-dadacha	118.17	29.58		
Higo-musume	191.52	15.72		
Line I			Line II	
SH9	153.12	53.17	SH3	124.78 43.09
SH27	169.66	20.71	SH4	76.48 13.39
SH29	136.22	25.76	SH21	97.69 25.71
SH51	135.63	28.22	SH31	157.63 13.39
SH67	72.86	26.72	SH100	120.62 24.91
Combination: Chusei-hikarikuro×Higo-musume				
Chusei-hikarikuro	98.40	17.55		
Higo-musume	191.52	15.72		
Line I			Line II	
CH61	201.71	81.28	CH5	105.50 27.32
CH89	131.40	27.19	CH18	158.42 74.46
CH107	138.14	37.61	CH58	173.80 35.98
CH137	177.09	52.17	CH136	184.58 62.92
CH164	104.02	26.77	CH144	109.04 15.29

S.D.: Standard deviation.

Line I : With high conc. of water-soluble N.

Line II : With low conc. of water-soluble N.

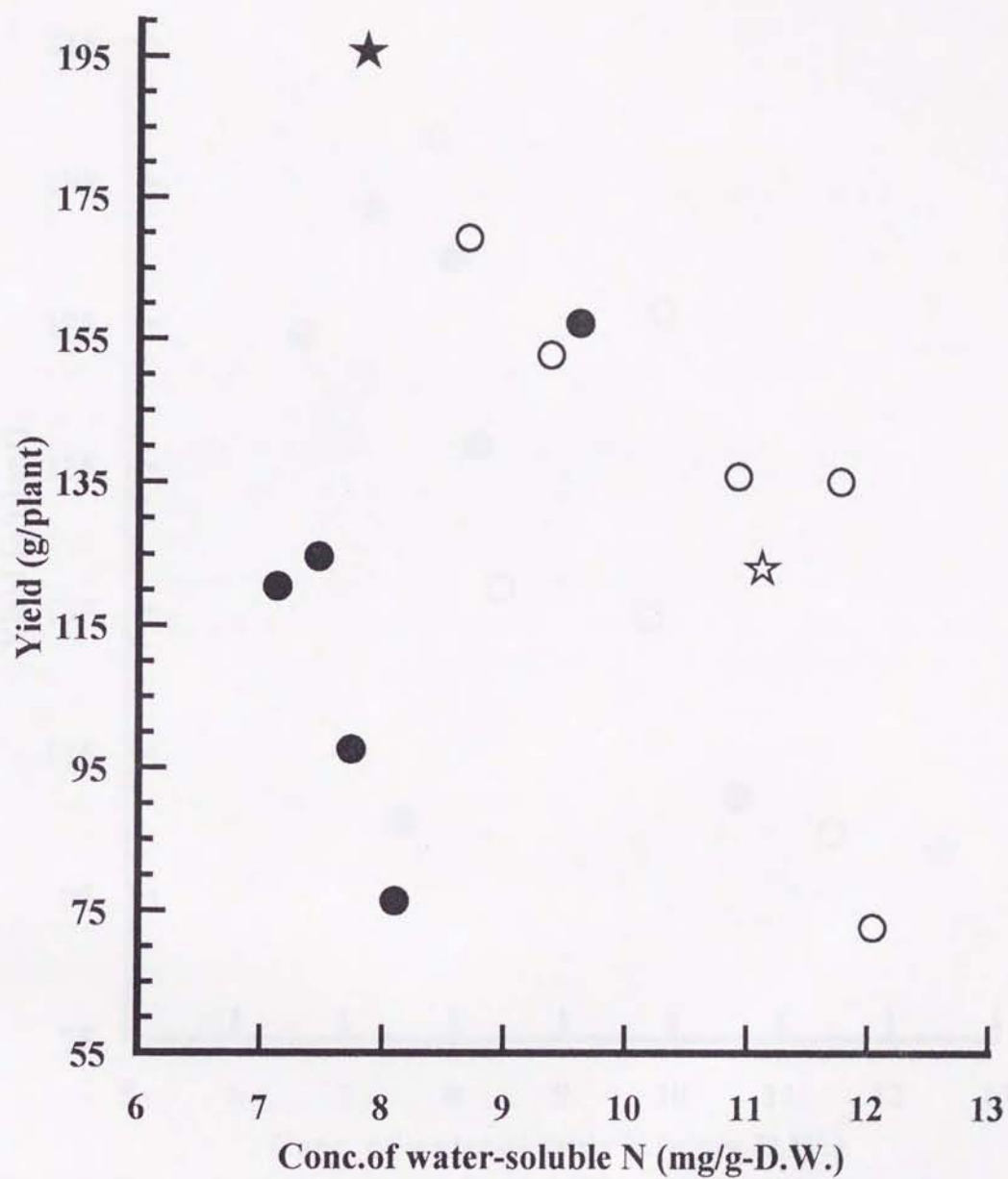


Fig. 4-7. Relationship between water-soluble nitrogen and yield. (Combination: Shirayama-dadacha x Higo-musume)

- : With high conc. of water-soluble N.
- : With low conc. of water-soluble N.
- ☆ : Shirayama-dadacha
- ★ : Higo-musume

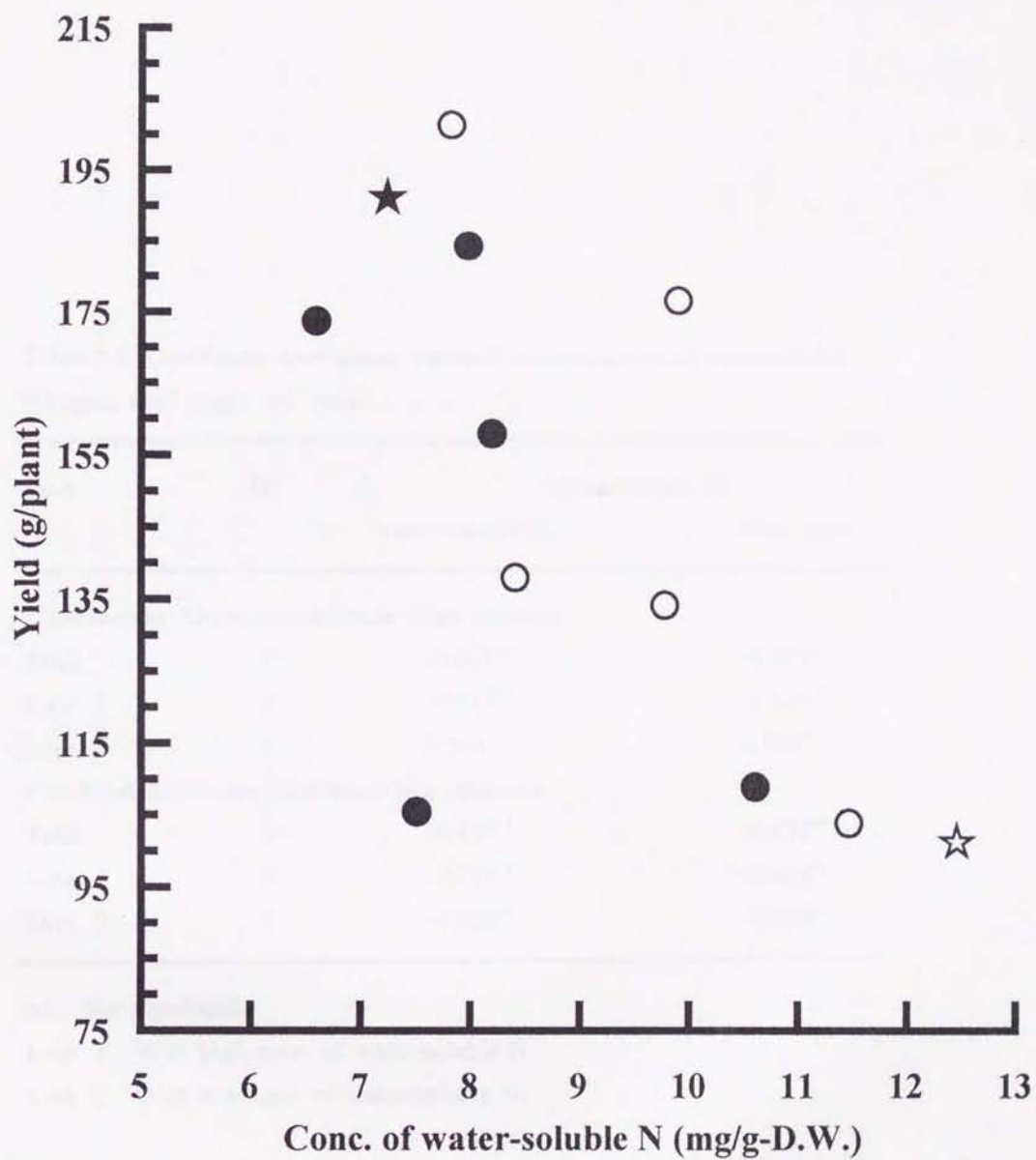


Fig. 4-8. Relationship between water-soluble nitrogen and yield. (Combination: Chusei-hikarikuro x Higomusume)

- : With high conc. of water-soluble N.
- : With low conc. of water-soluble N.
- ☆ : Chusei-hikarikuro
- ★ : Higomusume

Table 4-6. Correlation coefficients between concentrations of water-soluble nitrogen, total sugar, and yield.

Line	DF	Concentration of water-soluble N	Concentration of total sugar
Combination: Shirayama-dadacha×Higo-musume			
Total	8	-0.003 ^{n.s.}	-0.052 ^{n.s.}
Line I	3	-0.817 ^{n.s.}	-0.640 ^{n.s.}
Line II	3	0.504 ^{n.s.}	0.025 ^{n.s.}
Combination: Chusei-hikarikuro×Higo-musume			
Total	8	-0.525 ^{n.s.}	-0.475 ^{n.s.}
Line I	3	-0.717 ^{n.s.}	-0.614 ^{n.s.}
Line II	3	-0.520 ^{n.s.}	-0.365 ^{n.s.}

n.s.: Not significant.

Line I : With high conc. of water-soluble N.

Line II : With low conc. of water-soluble N.

総合論議

枝豆の品質評価に関する基礎研究として、庄内在来のダダチャマメ系統を中心とした枝豆大豆品種と、穀物として扱われる普通大豆品種の品種間差異を検討した。枝豆として食用に供する未成熟子実の水溶性窒素含量および全糖含量について、2年間分析した。概略的に普通大豆品種に比べて枝豆大豆品種が両成分とも高い傾向がみられた。すなわち、これらの含有成分は、枝豆大豆品種と普通大豆品種を判別する一つの指標となることが示唆された。また、この2つの含有成分間に正の相関がみられた。これは、良食味枝豆の選抜上、一方の分析を行うことで、他の成分含量を推定ができることを示しており、育種上有効な手段であることを推察された。

普通大豆品種のヒゴムスメと枝豆大豆品種の白山ダダチャ、中生光黒の品種間交雑を行った。F₂世代の枝豆収穫適期の未成熟子実の2つの含有成分が正の相関を示し、上記の結果が確認された。また、F₂世代で高水溶性窒素含量を示した個体を後代で検定した。その結果、枝豆大豆品種と同様の水溶性窒素含量の値を示した系統が、白山ダダチャ×ヒゴムスメの組み合わせで3系統、および中生光黒×ヒゴムスメの組み合わせで1系統がそれぞれ認められた。また、F₂世代の全糖含量については、中生光黒×ヒゴムスメの組み合わせでは、中生光黒と同様の値を示した系統がみられなかった。しかし、白山ダダチ

ヤ×ヒゴムスメの組み合わせにおいて、2系統が白山ダダチャと同様の値を示した。つまり、高水溶性窒素含量の個体選抜により、比較的早い世代での枝豆として良食味系統の選抜が可能であることが示唆された。

枝豆の食味の一つである甘みに関する全糖含量については、ダダチャマメの数品種や、種皮が黒色の黒鉄砲（早生）、中生光黒について他の枝豆大豆品種に比べて高い値を示した。つまり、種子が有色である品種が、枝豆として良食味の系統と関連があることが推察された。しかし、上記の品種間交雑におけるF₂世代において、種皮および花色と水溶性窒素含量および糖含量との関連を調査した。しかし、高水溶性窒素含量性および高全糖含量性との連鎖関係はみられなかった。

岩手、秋田、山形、福島の4地区において水溶性窒素含量および全糖含量の地域間差異を検討した。2つの含有成分は、4地区とも枝豆大豆品種と普通大豆品種に差異が認められた。水溶性窒素含量は、気温の日較差が9～10℃の山形、福島において、枝豆大豆品種と普通大豆品種との差が大きくなった。また、気温の日較差の小さい秋田、気温の日較差の大きい岩手において、2品種群間での差が小さくなり、地域間差異が認められた。すなわち、気温の日較差が、9～10℃の範囲で水溶性窒素含量が高まることが推察された。地域間におけるヒゴムスメは、普通大豆品種群で最も高くなり、福島、岩手は、枝豆大豆品種と同等の値を示した。ヒゴムスメは、完熟種子において高いタンパク質含量を示す品種である。完

熟種子の含有成分（タンパク質、脂肪など）と未成熟子実での含有成分の関連については、今後の研究課題である。全糖含量は、枝豆大豆品種が、山形において高い値を示した。福島の子実大豆品種は、山形と同様の値を示した水溶性窒素含量の場合と異なり、秋田と同様の値を示した。糖の種子への集積については、気温の日較差のみでなく他の要因があるものと考えられ、今後の研究課題となる。

枝豆として収穫適期の未成熟子実の遊離アミノ酸含量の品種間差異について検討した。その結果、枝豆大豆品種および普通大豆品種とも主な遊離アミノ酸は、アスパラギン、アラニン、グルタミン酸が高い値を示した。また、枝豆大豆品種は、普通大豆品種に比べて高い値を示した。登熟中におけるこの3つのアミノ酸の変動について調査した結果、枝豆大豆品種は、70%開花から30～40日後に最大になり以降減少した。それに対し、普通大豆品種は、70%開花から20～30日後に最大になり以降減少した。すなわち、これらの遊離アミノ酸含量の未成熟子実中での変動の違いは、2つの品種群間に遺伝的要因の差異が存在することが推察された。

品種間交雑における未成熟子実の含有成分の遺伝様式について検討したが、本実験では、明らかにすることができなかった。

参考文献

- 阿部一博・奥田義二 1986. 機械脱莢エダマメの鮮度保持技術に関する研究（第2報）予冷ならびにプラスチックフィルム包装による品質保持. 園芸学会発表要旨. 昭和61春 : 466
- 赤澤経也・笹原健夫 1990. 枝豆ダイズと普通ダイズにおける完熟種子の吸水特性の差異. 育雑. 40 : 349-359
- 赤澤経也・笹原健夫 1990. 枝豆の品質に関する遺伝学的基礎研究 2 枝豆の蛋白質含量の品種間差異. 育雑. 40（別1） : 494-495
- 赤澤経也・笹原健夫 1990. 枝豆の品質に関する遺伝学的基礎研究 3 枝豆を含む大豆の糖含量の品種間差異. 育雑. 40（別2） : 226-227
- 赤澤経也・笹原健夫 1991. 枝豆の品質に関する遺伝学的基礎研究 4 枝豆を含む大豆のデンプン含有量の品種間差異およびデンプンと全窒素含有量の早晚性による差異の品種間. 育雑. 41（別1） : 238-239
- 赤澤経也・笹原健夫 1991. 枝豆の品質に関する遺伝学的基礎研究 5 枝豆を含む大豆の脂質含量の品種間差異. 育雑. 41（別1） : 238-239
- 赤澤経也・笹原健夫 1991. 枝豆の品質に関する遺伝学的基礎研究 6 枝豆を含む大豆の完熟及び未熟種子に含有する窒素の品種間差異. 育雑. 42（別1） : 542-543
- 赤澤経也・笹原健夫 1992. 枝豆の品質に関する遺伝学的基

礎研究 7 枝豆を含む大豆の完熟及び未熟種子実に含まする糖の品種間差異. 育雑. 42 (別 2) : 506-507

Akazawa, T., Y. Yanagisawa, T. Sasahara 1997. Concentrations of water-soluble nitrogen and amino acids as criteria for discriminating vegetable-type and grain-type soybean cultivars. *Breeding Sci.* 47 : 39-44

安間 舜 1982. チャ成葉のアミノ酸含量の品種の識別. 育雑. 32 (別 2) : 116-117

青葉 高 1976. エダマメ “北国の野菜風土誌” 東北出版. 鶴岡. : 65-71

Atkins, C.A., J.S. Pate, P.J. Sharkey 1975. Asparagine metabolism-key to the nitrogen of developing legume seed. *Plant Physiol.* 56 : 807-812

Davis, C.S., N.C. Nielsen 1986. Genetic analysis of a null-allele for lipoxygenase-2 in soybean. *Crop Sci.* 26 : 460-463.

Gayley, K.R., G.E. Sykes 1981. β -conglycinins in Developing Soybean Seeds. *Plant Physiol.* 67 : 958-961

Good, A.G., S.T. Zaplachinski 1994. The effect of drought stress on free amino acid accumulation and protein synthesis in *Brassica napus*. *Physiol. Plant.* 90 : 9-14

Hajika, M., K. Toyokawa, K. Kitamura 1991. A line lacking all the seed lipoxygenase isozymes in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) induced by γ -ray irradiation. *Jpn. J. Breed.* 41 : 507-509.

Harada, K., Y. Toyokawa, K. Kitamura 1983. Genetic analysis of the most acids 11s globulin subunit and related characters in soybean seeds. *Japan. J. Breed.* 33 (suppl. 1) : 23-30

橋本 鋼二 1980. 生育の基本. “大豆の生態と栽培技術” (斉藤・大久保編). 農文協. 東京. : 63-93

橋本 鋼二・長沢 次男 1987. 耐病性. “わが国におけるマメ類の育種” (小島編). 明文書房. 東京. : 32-64

長谷川 博・西村 篤夫 1991. イネ種子および幼植物中の遊離

アミノ酸組成 . 近畿作育研究 . 36 : 53-58

Honeycutt, R.J., J.W. Burton, R.G. Palmer 1989. Expression and inheritance of a shriveled-seed mutant in soybean. *Crop. Sci.* 29 : 704-707

Honeycutt, R.J., J.W. Burton, R.G. Palmer 1989. Association of major seed components with a shriveled-seed trait in soybean. *Crop. Sci.* 29 : 804-809

福井重郎・新井正雄 1951. 日本に於ける大豆品種の生態学的研究(1) 開花日数と結実日数による品種の分類とその地理的分布 . 育雑 . 1 : 27-39

福島忠明・高田敏彦 1983. 葉・根の切除がエダマメ(庄内2号)の成分に及ぼす影響 . 園芸学会発表要旨 . 昭58秋 : 474

Igarashi, K., T. Yasui 1989. Change in free proline content of red clover (*Trifolium pratense* L.) during forced air drying. *J. Japan. Grassl. Sci.* 35 : 141-145

Iwata, T., K. Shirahata 1979. Keeping quality of green soybeans and the effects of atmosphere and whole plant packaging. *J. Jpn. Soc. Hortic. Sci.* 48 : 106-113

海妻矩彦・平 宏和・平 春枝・福井重郎 1974. 大豆 (*Glycine max* Merrill) における蛋白質含量・含硫アミノ酸含量の品種間差異および遺伝力について . *Japan J. Breed.* 24 : 81-87

海妻矩彦 1975. ダイズのタンパク質育種に関する基礎研究 . 岩手大学農学部報告 12 : 155-264

古宇田清平 1934. 経済栽培から見たる枝豆の栽培 . 農及園 . 9 : 705-712

Kitamura, K. 1984. Biochemical characterization of lipoxygenase lacking mutants, L-1-less, L-2-less, and L-3 less soybeans. *Agric. Biol. Chem.* 48 : 2339-2346

Komatsu, S., H. Kajiwara, H. Hirano 1992. Soybean seed 34-KDa oil-body-associated protein separated by two-dimensional gel electrophoresis. *Plant Sci.* 81 : 21-27

河野信 1987. エダマメ 基礎編 “農業技術体系 野菜編 10

マメ類、イモ類、レンコン” 農分協. 東京. :1-9

Lumpkin, T. A., J.C. Knovsky, K.J. Larson, D.C. McClary 1993. Azuki bean, Edamame soybean and Astragalus. In New crop. Jank, J., J.E.Simon, Eds., John Wiley and Sons, Inc. : 45-51

増田亮一・橋詰和宗・金子勝芳 1988. 冷凍枝豆の食味に及ぼす収穫後の貯蔵時間の影響. 日本食品工業学会誌. 35 : 763-770

増田亮一 1989. 野菜の冷凍 (16) 完 エダマメ. 冷凍. 64 : 359-376

増田亮一・橋詰和宗・原田久也 1992. ダイズ種子の登熟過程における炭水化物の蓄積特性. 育雑. 42 (別2) : 508-509

増田亮一・橋詰和宗・原田久也 1993. 登熟ダイズ種子のアミノ酸組成・含量とグルタミン酸脱水素酵素活性 - 黒豆のGDHは低い! 登熟過程における炭水化物の蓄積特性. 育雑. 43 (別2) : 160

松本友紀 1942. 大豆品種の地方的分布に就て. 育種研究. 第1輯. :144-149

Mayer, R.R., J.H. Cherry and D. Rhodes 1990. Effects of heat shock on amino acid metabolism of cow pea cell. *Plant Physiol.* 94 : 796-810

Milfin, B.J., P.J. Lea 1977. Amino Acids Metabolism. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 28 : 299-329

Nakamura, T., S. Utsumi, T. Mori 1984. Cultivar differences in gelling characteristics of soybean glycinin. *J. Agric. Food. Chem.* 32 : 647-651

宮崎尚時・御子柴公人 1987. 耐虫性. “わが国におけるマメ類の育種” (小島編). 明文書房. 東京. :183-206

中村茂樹・大庭虎夫 1987. 耐虫性. “わが国におけるマメ類の育種” (小島編). 明文書房. 東京. :207-230

- 永田忠男 1949. 大豆の夏秋大豆性に関する研究 第1報
夏秋大豆豆性による大豆品種の分類 日作紀 . 18 : 131-134
- Ofuji, T., Y. Koyama, R. Yamamoto 1983. In Food Chemistry. A New Edition ; Kyogakusya :
Tokyo, Japan : 11-16
- Openshaw, S.J., H.H. Hadley 1978. Maternal effects on sugar content in soybean seeds. Crop
Sci. 18 : 581-584
- Ogawa, T., E. Tayama, K. Kitamura, N. Kaizuma 1989. Genetic improvement of seed storage
protein using three variant alleles of 7S globulins in Soybean (*Glycine max* L.). Japan J. Breed. 39
: 137-147
- 酒井真次・研田喜代志 1987. 耐虫性. “わが国におけるマ
メ類の育種” (小島編) . 明文書房 東京 . : 124-152
- 佐々木絃一・異儀田和典 1987. 耐病性 “わが国における
マメ類の育種” (小島編) . 明文書房 東京 . : 92-108
- Shanmugasundaram, S., S.T. Cheng, M.T. Huang, M.R. Yan 1991. Varietal improvement of
vegetable soybean research needs for production and quality improvement. Asian Veget. Res. Dev.
Cent. : 30-42
- Somogyi, M. 1952. Notes on sugar determination. J. Biol. Chem. 195 : 19-23
- Rahman, S.M., Y. Takagi, T. Kinoshita 1996. Genetic analysis of palmitic acid contents using
two soybean mutant, J3 and J10. Breeding Sci. 46 : 343-347
- 重盛勲・御子柴公人 1987. 多収性および機械化適応性. “
わが国におけるマメ類の育種” (小島編) . 明文書房 . 東
京 . : 265-285
- Singh, L., H. Hadley 1972. Maternal and cytoplasmic effects on seed protein content in soybean
(*Glycine max* (L.) Merrill). Crop Sci. 12 : 583-585
- 菅原悦子・伊藤哲雄・小田切敏・久保田紀久枝・小林章
夫 1988. 枝豆香気成分の成熟に伴う変化. 農化誌 . 42 : 149-155

Taira, H., H. Taira 1971. Influence of location on the chemical composition of soybean seeds
I . Protein, oil, carbohydrate and ash contents. Proc. Crop Sci. Soc. Japan 42 : 185-196

Taira, H., H. Taira 1972. Influence of location on the chemical composition of soybean seeds
II . Potassium, phosphorus, magnesium and calcium contents. Proc. Crop Sci. Soc. Japan 41 :
213-225

Taira, H., H. Taira 1972. Influence of location on the chemical composition of soybean seeds
III . Protein component content by disc electrophoresis. Proc. Crop Sci. Soc. Japan 41 : 235-243

Taira, H., H. Taira 1973. Influence of location on the chemical composition of soybean seeds
IV . Amino acids composition. Proc. Crop Sci. Soc. Japan 42 : 185-196

Takahashi, K., B. Hirroharu, A. Kikuchi, M. Ito, S. Nakamura 1994. An induced mutant line
lacking the α -subunit of α -conglycinin in soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). Breed Sci. 44 : 65-66

Takahashi, N. 1991. Vegetable soybean varietal improvement in Japan. Past, present and future
vegetable soybean research needs for production and quality improvement. Asian Veget. Res. Dev.
Cent. : 26-29

鷗 沢 均 1987. エダマメ成分に関する遺伝育種学的ーダダ
チャ豆の高い糖含量性とその遺伝. 育雑. 37 (別 1) : 326-327

Wilson, R.F., J.W. Burton, C.A. Brin 1981. Progress in the selection for altered fatty acid
composition in soybeans. Crop Sci. 21 : 788-791

渡 辺 和 彦 ・ 杉 浦 義 信 ・ 赤 澤 経 也 ・ 北 村 利 夫 ・ 福 島 忠 明
1982. ダイズとエダマメのアミノ酸組成. 園芸学会発表要旨.
昭和 57 年 秋 . : 448-449

謝 辞

本研究の遂行および論文作成にあたり、終始全般にわたり御指導と御校閲をくださった山形大学農学部育種学研究室の笹原健夫教授、阿部利徳助教授、山形大学農学部附属農場の上林美保子助教授、赤澤経也助手に心より感謝いたします。また、本研究に当たり御助言をしていただいた先輩の岡康宏さん、嶋守義昭さん、張 薔さん、I Gusti Sadimantara Rayさん、竹内義信さん、同輩である王 桂云さんおよび佐藤則子さんをはじめとする育種学研究室の皆様へ感謝の意を表します。

本研究の実験において成分含量の地域間格差の実験において、実験圃場を提供し、また、御補助してくださった秋田県農業試験場の鈴木光喜さん、佐藤雄幸さん、佐藤努さん、山形大学附属農場の職員の方々、福島県果樹試験場の松野英行さん、(株)柳川採種研究会 茨城農場の柳澤邦夫さん、(株)柳川採種研究会 盛岡農場の松川素彦さん、佐久間康徳さん、佐久間康之さん、佐々木浩之さんに深く感謝の意を表します。