

枝豆と普通ダイズの未熟および完熟種子の
理化学的特性に関する育種学的基礎研究

山形大学附属図書館
(農学部分館)



8103001916

2003年

提出先
岩手大学大学院
連合農学研究科

赤澤 經也

目次

序論	1
第1章 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	
1-1 緒言	7
1-2 材料および方法	8
1-3 結果	16
1-4 考察	18
1-5 摘要	21
第2章 枝豆ダイズと普通ダイズにおける全糖と水溶 性窒素含量の差異	
2-1 緒言	22
2-2 材料および方法	24
2-3 結果	28
2-4 考察	35
2-5 摘要	37
第3章 枝豆ダイズと普通ダイズにおける水溶性窒素 と遊離アミノ酸含量変動の特性	
3-1 緒言	39
3-2 材料および方法	41
3-3 結果	45
3-4 考察	53
3-5 摘要	55

第4章 枝豆ダイズと普通ダイズの播種時期を異にした場合の全糖と水溶性窒素含量の変動	
4-1 緒言	56
4-2 材料および方法	58
4-3 結果	63
4-4 考察	94
4-5 摘要	97
第5章 枝豆ダイズと普通ダイズのシンク・ソースバランスの品種特性	
5-1 緒言	99
5-2 材料および方法	100
5-3 結果	102
5-4 考察	136
5-5 摘要	139
第6章 貯蔵条件を変えた場合の枝豆品種における官能的特性の変動と形質間相関	
6-1 緒言	141
6-2 材料および方法	144
6-3 結果	148
6-4 考察	157
6-5 摘要	161
総合論議	163
引用文献	169
謝辞	180

序論

ダイズ (*Glycine max* L.) は日本を含む東北アジアが原産地とする説とイネと同じく東南アッサムを原産地とする説がある。五穀豊穰と言う古くからの言葉があるように、ダイズは五穀（稲、麦、粟、稗、大豆）の一つでわが国の代表的作物、特にタンパク質摂取源として古くから作られていた。ダイズの原産地とされるわが国では、原種とみられる「ノマメ」「ツルマメ」の自生が全国各地の原野にみられる。

縄文時代のころの秋田県小森山の竪穴遺跡からダイズの炭化物が発見されていることから、この時代にはすでに、何らかのかたちで栽培・利用されていたものと考えられる（御子柴 1981）。「古事記」（712年）や「日本書紀」（720年）には「麻米」の記載がある。当時のダイズが現在のような栽培種か野生種かは明らかでないが、食用に供されていたことは明確である。その後、宮崎安貞の「農業全書」（1697年）には、ダイズの粒色として黄、白、黒、青の品種の区分や、夏ダイズ、秋ダイズなどの早晩性も記載されており、現在の栽培の基礎が示されている。このように、江戸時代は品種の分化が進んでいて、すでに主要作物として各地でダイズの栽培が盛んだったことがうかがえる。ダイズは味噌、醤油、豆腐、凍豆腐、納豆、豆乳、湯葉などのわが国の主要食品として利用されてきた。

枝豆は、ダイズの未熟な莢を採取して、豆の柔らかいうちに野菜として食用に供するものを「枝豆」と言い、ダイズの用途の1つである。ダイズを枝豆として利用するようになった時代は明らかでないが、未熟ダイズは古代から餅にまぜたり、生のまま野菜として用いられ、古代の重要な食物であったと推察される。延喜式（910年頃）内膳司には「生大豆六把」の字句があり、中世後期の文永3年（1266年）荘園の貢納物として「瓜、ナスヒ、枝大豆等三籠」とあり、ここには枝の字が書かれている（青葉 1976）。これより、かなり古くから枝豆として食されていたものと考えられる。その後、宮崎安貞の「農業全書」（1697年）には、極早生の野菜用ダイズについて記載がある。

枝豆品種は農家によつて長期間にわたり選抜されてきた系統・品種群であり、在来品種が多い。そのなかで山形県庄内地方の「ダダチャマメ」、ダダチャマメと同系統と考えられる新潟県新潟市黒崎町の「黒崎茶豆」と京都府の中央部と兵庫県東部で栽培されている黒ダイズの「丹波黒」などが良食味在来枝豆として知られている（赤澤・高橋 2002、廣田 2002）。

ダダチャマメは新潟県の「茶香」かそれに縁の近い品種が庄内に入り、山形県鶴岡市付近の農家で栽培されるようになったと言われている（青葉 1976）。また、鶴岡の枝豆は、明治の末期に市内の小真木の太田孝太が「八里半どう豆」（枝豆）を作出し、更に改良された良食味の枝豆が「小真木のダダチャの豆」で「ダダチャマメ」

のネーミングの由来として伝わっている。また、松森胤保（1825-1892）が「邸産録」および「両羽博物図譜」にそれぞれ「八里半」の名前と種子の彩色図を残していて、その種子の色は茶色であった。このことから、ダダチャマメの栽培は少なくとも約 100 年は経過していると推察される（江頭ら 2002）。

ダイズを未熟（枝豆）状態で食する習慣のある国は我が国だけでなく、韓国、中国、台湾などの東南アジアの国々であり、世界的にみるとマイナー食品である。1991年に John Wiley & Sons 社から出版された「New Crops（新しい作物）」に枝豆がアジア特有の新作物として紹介されている。この時まで枝豆が世界には知られていなかったとみて良いであろう（Lumpkin et al., 1993）。しかし、1991年に台湾のアジア野菜研究開発センター（AVRDC）において、第1回国際枝豆会議が開催され、第2回国際枝豆会議は2001年8月に米国ワシントン州立大学で開催された。第2回国際会議の特徴は、品種開発、生産、流通保存技術がより高度化したことと、米国、カナダで枝豆のもつイソフラボンなどの健康機能性への関心が高まり、自国向けの品種の開発、利用が始まったことである。我が国においても、これらの世界情勢をふまえて、2002年に枝豆の品種開発から栽培、流通利用までの技術開発を促進する交流の場づくりを目的とする「エダマメ研究会」が発足した。今後は枝豆全般の研究が必要であり、進展することが期待される。

普通ダイズ品種に関しては、耐病性・耐虫性・多収性

・タンパク質および脂肪酸成分などの点で優れた研究がなされ、品種育成がなされてきた（橋本 1987；橋本・長沢 1987；喜多村・海妻 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；平ら 1974；高橋・御子柴 1987）。さらに、作物学・栽培学的にも多くの研究がなされてきた（橋本 1980a,b；大久保 1980a,b,c,d；西入 1980；斎藤 1980a,b；斎藤・橋本 1980）。また、完熟種子の科学的組成についても、栽培方法、乾燥方法などとの関連で研究がなされてきた（平ら 1977, 1979a,b）。一方、枝豆ダイズ品種についてはこれまで次のような研究がおこなわれてきた。枝豆の品種・栽培条件と未熟種子の成分含量の関係については、枝豆種子に含有されるアミノ酸、全糖、タンパク質およびデンプンと年次間の変動、播種期を変えた場合の変動について検討されてきた（赤澤・福嶋 1991）。また、枝豆の品質評価については、完熟種子の形質間相関について（赤澤・笹原 1988）、水溶性窒素と全窒素の関係について（赤澤・笹原 1990b）、糖含量（赤澤・笹原 1990c）、デンプン含量（赤澤・笹原 1991a）、脂質含量（赤澤・笹原 1991b）、完熟および未熟種子に含有される窒素含量の品種間差異（赤澤・笹原 1992a）、完熟および未熟種子に含有される糖含量の品種間差異（赤澤・笹原 1992b）、完熟および未熟種子に含有されるデンプン含量の品種間差異（赤澤・笹原 1993）、貯蔵による水溶性窒素含量および糖含量の変動（赤澤・笹原 1994）など検討されてきた。また、播種時期を異にした場合の全糖と水溶性窒素含量

の変動（赤澤ら 2000a）およびシンク・ソースバランスと品種特性（赤澤ら 2000b）が検討されてきた。さらに、枝豆ダイズ品種と普通ダイズ品種の完熟段階での種子の吸水特性（赤澤・笹原 1990a）枝豆ダイズ品種と普通ダイズ品種の異なる生育段階における旨味に關与するアラニン、アスパラギン、グルタミンなど遊離アミノ酸含量の変動（Akazawa et al., 1997； Yanagisawa et al., 1997）、アミノ酸および全糖含量の栽培地域における変動（柳澤ら 1997； Yanagisawa et al., 1998）、水溶性窒素含量とアミノ酸含量の關係（Akazawa et al., 1997）等が検討されてきた。また、食品の冷凍技術が発展するなかで、枝豆に關しても、冷凍枝豆の原材料の前処理が冷凍枝豆の風味と食味に与える影響に關しての研究が、森ら（1976）および増田ら（1988）によっておこなわれている。さらに、生鮮食品として短期間の貯蔵に關しては、ポリエチレン袋に莢付きおよび莖・枝付き枝豆を入れて脱気、窒素ガス封入処理などをおこなって、枝豆の食味品質への影響を検討した結果、生鮮食品として貯蔵期間の限界は3日程度であった（岩田・白畑 1979）。これらのことが解明されてきたが、今後も未解決の問題点が多い。

本研究は、ダイズの未熟種子を食する枝豆ダイズ品種群と一般に穀物として扱われている実取用普通ダイズ品種群を供試し、アミノ酸と糖の集積に關する遺傳的、生理的研究など、枝豆の品質の観点から、理化学的特性を検討したものである。第1章はダイズの完熟種子の吸水特性について枝豆ダイズ品種群と普通ダイズ品種群を比

較検討した。第2章はダイズの未熟種子、完熟種子に含まれる、枝豆の食味に関与していると考えられる全糖含量と水溶性窒素含量について比較検討した。第3章はダイズに含まれている水溶性窒素含量と遊離アミノ酸含量の変動の特性と形質間相関を検討した。第4章はダイズの播種時期を異にした場合の未熟種子（枝豆）に含有される全糖と水溶性窒素含量の変動を検討した。第5章は摘莢して栽培した場合と摘葉して栽培した場合、すなわち、シンク・ソースバランスを変えた場合の未熟種子の全糖含量と水溶性窒素含量の差異について比較検討した。第6章は枝豆の貯蔵形態（生と茹で）および貯蔵温度を変えた場合の食味、香り、莢色の変動および3形質間の差異・相関を検討した。

第 1 章 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

1-1 緒言

普通ダイズは耐病性・耐虫性・多収性・タンパク質および脂肪成分などの観点から優れた品種育成がなされてきた（橋本 1987；橋本・長沢 1987；喜多村・海妻 1987；宮崎・御子柴 1987；中村・大庭 1987；酒井・砂田 1987；佐々木・異議田 1987；重盛・御子柴 1987；平ら 1974；高橋・御子柴 1987）。さらに普通ダイズに関して、作物学・栽培学的観点から多くの研究がなされてきた（橋本 1980a,b；大久保 1980a,b,c,d；西入 1980；斎藤 1980a,b；斎藤・橋本 1980）。また、完熟ダイズ種子の化学的成分・組成についても、栽培方法、乾燥方法などとの関連で研究がなされている（平ら 1977, 1979a,b）。これらの研究は、枝豆の品質特性の観点からではなく、主としてダイズの主要な利用法である味噌、豆腐、納豆の加工適正の観点からなされている。一方、枝豆は野菜として分類されている（作物統計 1987年版）ことから、未熟種子としての食味品質（香味、甘味、歯ざわりなど）が重視されるべきであるが、これらの課題に対する検討が必ずしも充分でなかった（古宇田 1934）。

本章においては、完熟種子の吸水特性値を用いて枝豆ダイズ品種群と普通ダイズ品種群の分類の可能性を検討したものである。

1-2 材料および方法

供試品種

枝豆ダイズ品種 29 品種（そのうち 9 品種は山形県庄内地方で良食味の枝豆として栽培されている「ダダチャマメ」）、普通ダイズ品種 86 品種を供試した。ただし、ダダチャマメ 3 品種については、完熟段階の種子表面に「皺」が出来る種子、「皺」が出来ない種子およびこれらの中間の状態を示す種子が発生した。通常、ダダチャマメは皺豆が種子として栽培に供しているので、別種類の種子群として実験に供した。これら 3 種類の種子は同一個体に形成されるので、現在その選抜が可能かどうか検討中である。従って、ダダチャマメの供試品種は 9 品種であるが、3 品種が 2 種類多くなったので合計 15 種となった（第 1-1 表）。

実験方法

吸水実験に供試した種子は本実験の前年、1987 年 5 月 10 日に播種し、肥培管理は山形県庄内地方の枝豆栽培慣行法に準じ、山形大学農学部附属農場において栽培・採種した。なお、枝豆品種群のうち特にダダチャマメは完熟段階（落葉段階）で採種した場合腐敗してしまうので青葉（1956）の方法に準じて莢の黄熟期に採種し、他の品種は落葉段階で採種した。

乾燥種子の体積は、各品種 10 粒、3 反復で 70% アルコールで表面張力を消去後、10cc の純水を入れた 25cc メスシリンダーに入れ水位の上昇によって測定した。種皮および子葉の乾物当たりの吸水率は、各品種 10 粒、3

第 1 - 1 表 ダイズ種子の形態的特徴と開花時期

品種番号と品種名	開花開始日	完熟種子の特徴
※ 1. 早生緑	-	●
※ 2. イスズ	7/ 6	◎
※ 3. 白莢 1 号	7/16	◎
※ 4. カリカチ	7/ 8	●
※ 5. ヒメユタカ	7/10	●
※ 6. はしりまめ	7/20	◎
※ 7. 東北 70 号	7/10	◎
※ 8. 吉岡大粒	7/12	○
※ 9. ヒゴムスメ	7/20	●
※ 10. はつこがね	7/22	◎
※ 11. 御社	7/22	◎
※ 12. 松浦	7/22	◎
※ 13. ユウヅル	7/16	◎
※ 14. フジムスメ	7/22	◎
※ 15. 中生光黒	7/12	○
※ 16. トヨスズ	7/10	◎
※ 17. キタムスメ	7/12	●
※ 18. 大館 1 号	7/22	◎
※ 19. 新 3 号	7/22	◎
※ 20. ワセシロメ	7/18	◎
※ 21. コガネダイズ	7/22	◎
※ 22. ワセシロゲ	7/22	◎
※ 23. 農林 1 号	7/28	●
※ 24. コケシジロ	7/28	◎
※ 25. 川流 (岩手)	7/26	◎
※ 26. 花嫁茨城	7/24	◎
※ 27. 旭 60 号	7/28	◎
※ 28. 陽月	7/28	◎
※ 29. 茨城 7 号	7/24	◎
※ 30. 農林 2 号	7/28	◎
※ 31. 奥羽 13 号	8/ 1	◎
※ 32. フクナガ 1 号	7/16	◎
※ 33. ウゴダイズ	7/28	◎
※ 34. デワムスメ	7/28	◎
※ 35. はつかり	7/26	◎
※ 36. 小八月	8/ 1	◎
※ 37. あぜみのり	7/26	◎
※ 38. 白鶴の子	7/16	◎
※ 39. ライデン	7/22	◎
※ 40. 菊地 1 号	7/20	◎
※ 41. ライコウ	7/26	◎
※ 42. 秋田兄	8/ 1	●

第 1 - 1 表 続き

※ 43.	達磨 1 号	7/28	●
※ 44.	房成	8/ 1	◎
※ 45.	伊予大豆	8/ 5	◎
※ 46.	撫子 1 号	7/30	●
※ 47.	野起 1 号	7/28	●
※ 48.	金成 1 号	8/ 1	◎
※ 49.	スズユタカ	8/ 1	◎
※ 50.	野起白花	8/ 3	◎
※ 51.	茶豆	8/ 1	○
※ 52.	ネマシラズ	7/30	◎
※ 53.	岩手 1 号	7/28	◎
※ 54.	シロセンナリ	7/28	◎
※ 55.	タンレイ	7/30	◎
56.	三本一升	8/ 3	○
※ 57.	白毛 9 号	8/ 1	◎
※ 58.	しなのしろめ	-	◎
※ 59.	オクシロメ	7/30	◎
※ 60.	革新 1 号	8/ 5	●
※ 61.	ゲデンシラズ	8/ 5	◎
※ 62.	南部竹館	7/30	●
※ 63.	新 4 号	-	◎
※ 64.	岩手 2 号	7/30	◎
※ 65.	ミヤギシロメ	8/ 3	◎
66.	黒鉄砲	8/ 5	●
※ 67.	エンレイ	7/28	◎
※ 68.	ヒタシマメ	-	◎
69.	晩生青枝豆 2 号	8/ 7	○
※ 70.	つるの卵	8/ 3	◎
※ 71.	シロタエ粒	8/ 7	◎
※ 72.	納豆小粒	8/11	◎
※ 73.	中鉄砲	8/ 7	◎
※ 74.	丹波黒豆	8/ 1	◎
※ 75.	砂丘青豆	8/ 7	●
※ 76.	鞍掛	8/ 7	◎
※ 77.	白鳳 1 号	8/ 5	◎
※ 78.	モヤシマメ	8/ 3	◎
※ 79.	ミスズダイズ	8/ 5	◎
※ 80.	ナカセンナリ	8/ 5	◎
※ 81.	ミヤギオオシロ	8/ 5	◎
※ 82.	小倉大豆	8/ 5	◎
※ 83.	改良あいさ	8/ 3	◎
※ 84.	タマホマレ	8/ 5	◎
※ 85.	大玉	8/ 7	◎
※ 86.	世界一	8/ 7	◎
※ 87.	黄色秋大豆	8/13	◎
※ 88.	フクユタカ	8/13	◎

第 1 - 1 表 続 き

※ 89.	玉光	8/ 7	◎
※ 90.	ホウギヨク	8/17	◎
※ 91.	アキヨシ	8/ 9	◎
※ 92.	アソマサリ	9/ 2	◎
※ 93.	千代姫	8/ 9	◎
94.	彼岸青	8/ 5	◎
95.	庄内 1 号 ¹	7/12	◎
96.	庄内 1 号 ²	7/10	◎
97.	庄内 1 号 ³	7/12	◎
98.	早生白山ダダチヤ ¹	7/16	◎
99.	早生白山ダダチヤ ²	7/16	◎
100.	早生白山ダダチヤ ³	7/16	◎
101.	白山ダダチヤ ¹	7/22	◎
102.	白山ダダチヤ ²	7/22	◎
103.	白山ダダチヤ ³	7/22	◎
104.	紫ダダチヤ	7/22	◎
105.	庄内 2 号	7/16	◎
106.	庄内 3 号	7/22	◎
107.	金峰ダダチヤ	7/26	◎
108.	庄内 5 号	7/22	◎
109.	越後ハニ一	7/14	○
110.	電光奥原	6/28	○
111.	新電光	6/28	○
112.	えぞにしき	6/26	○
113.	白毛グリーン	6/28	○
114.	サッポロミドリ	6/30	○
115.	奥原早生 (HS 1号)	6/28	○
116.	北光みどり	6/30	○
117.	青森みどり	6/30	○
118.	テイスティ 8 5	6/30	○
119.	新雪緑	6/30	○
120.	えぞみどり	6/30	○
121.	一人娘	8/10	○

○ : 吸水開始から約20時間まで急速な吸水速度を示す
枝豆ダイズ品種

◎ : 吸水開始から約20時間まで緩慢な吸水速度を示す
枝豆ダイズ品種

◎ : 吸水開始から約20時間まで急速な吸水速度を示す
普通ダイズ品種

● : 吸水開始から約20時間まで緩慢な吸水速度を示す
普通ダイズ品種

¹ : 皺粒 ² : 中間粒 ³ : 普通粒

※ : 1983年東北農試(秋田)より分譲

反復で吸水開始 52 時間後に種皮および子葉の重量を測定し、その後、通風乾燥し乾物重を測定して算出した。

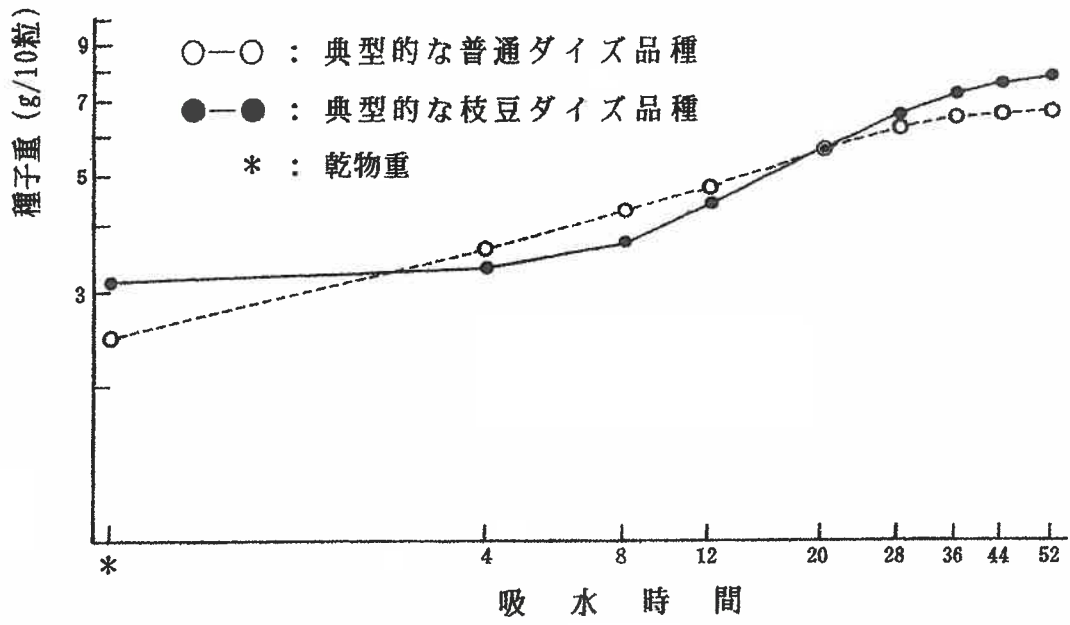
また、吸水の経時的変化は吸水開始 4、8、12、20、28、36、44、52 時間後に各品種 10 粒、3 反復で採取し、全種子重量を測定後、種皮および子葉重を測定し、各測定時間と対応する吸水種子重の回帰係数を求め、完熟種子の吸水速度とした。さらに 52 時間後の種子体積当たりの吸水率および次式によって抱水率を求めた。

完熟種子体積当たり抱水率 = (吸水後の全種子重量 - (吸水後の種皮重 + 吸水後の子葉重)) / 完熟種子体積

すなわち、完熟種子体積当たり抱水率は、吸水処理後に種皮と子葉間に存在する水分の完熟種子体積に対する比率である。

枝豆ダイズ品種群および普通ダイズ品種群ともに、吸水開始後約 20 時間まで吸水が緩慢に進行するかほとんど吸水しない品種とほぼ直線的に吸水が進行する品種が存在した。本実験では、前者を B 型吸水特性を示す群とし、後者を A 型吸水特性を示す群として取り扱った。枝豆ダイズ品種群では B 型吸水特性を示す品種が、普通ダイズ品種群では A 型吸水特性を示す品種が多かった。両者の典型的な例を第 1-1 図に示した。完熟種子の吸水実験は 1988 年 2 月に室温条件下でおこなったため、水温は 6 ~ 9 °C の範囲にあった。ダイズの発芽最低温度は 2 ~ 4 °C であり (井上 1953)、本実験の温度域は必ずしも低いとはいえない。

吸水特性 (第 1-2 表) に基づく判別分析は「多変量解



第1-1図 完熟ダイズ種子の吸水特性の模式図

* 乾物重：シリカゲル中1週間封入

第 1 - 2 表 ダイズ完熟種子の吸水特性に関する分散分析

要 因	自由度	平均平方
(1) 種皮の吸水率 (52時間後、乾物重当たり)	120	0.2548**
反復	242	0.0538
(2) 子葉の吸水率 (52時間後、乾物重当たり)	120	0.0492**
反復	242	0.0068
(3) 種子の吸水速度 (乾物重当たり)	120	0.0046**
反復	242	0.0003
(4) 種子の吸水率 (52時間後、体積当たり)	120	11.9599**
反復	242	0.1618
(5) 種子の抱水率 (52時間後、体積当たり)	120	0.0161**
反復	242	0.0072

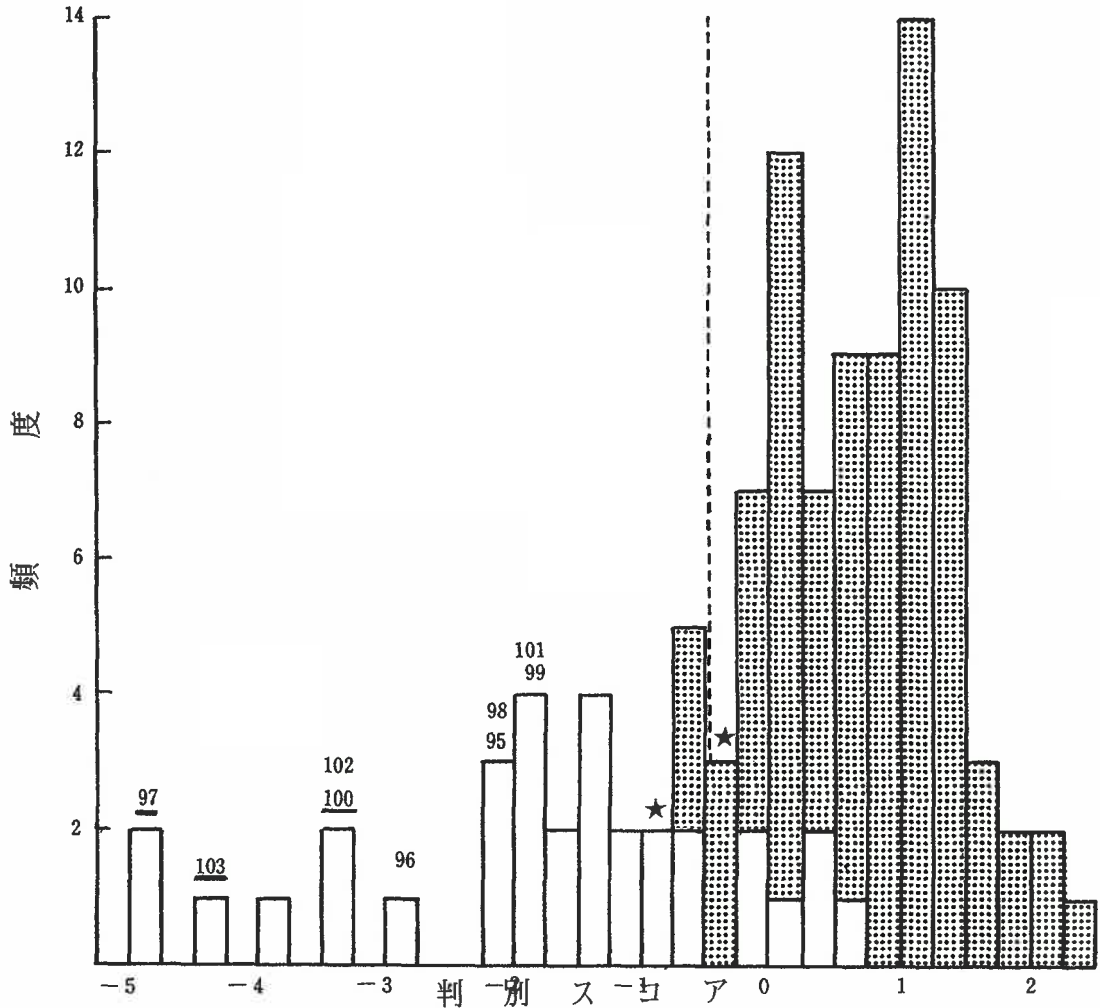
** : 1%水準で有意

析ライブラリー 1」(株式会社 IBC)によりおこなった。

1-3 結果

完熟種子の吸水特性、すなわち種皮および子葉の乾物重当たりの吸水率はそれぞれ 4.7361 および 7.2353、完熟種子の吸水速度は 15.3333、完熟種子体積当たりの吸水率は 73.9178、完熟種子体積当たりの抱水率は 2.2361 であった。これらはすべて 1 % 水準で統計的に有意な品種間差異を示した（第 1-2 表）。このうちとくに、完熟種子体積当たりの吸水率は大きな品種間差異を示したが、この形質は内容的には種皮および子葉の乾物重当たりの吸水率、さらに完熟種子体積当たりの抱水率から構成される。完熟種子の吸水速度も比較的大きな品種間差異を示した。

判別分析の結果を第 1-2 図に示した。判別関数から、枝豆ダイズ品種群および普通ダイズ品種群の判別に寄与する特性は、子葉の乾物重当たりの吸水率、および完熟種子の吸水速度であった。前者は枝豆ダイズ品種群で大きく、後者は普通ダイズ品種群で大きかった。一方、判別分析で誤判別されたのは、枝豆 35 品種・種類中 9 品種（25.7 %）、普通ダイズ品種では 86 品種中 7 品種（8.1 %）であった。なお、3 品種のうち皺のある種子が皺のない種子より大きな吸水量を示した。



第 1 - 2 図 完熟ダイズ種子の吸水特性に関する判別分析

判別関数： $Y=1.1877X_1-10.0589X_2+14.7529X_3+0.9538X_4-0.8890X_5+4.9459$

X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_4 および X_5 はそれぞれ第 1 - 2 表における(1)、(2)、(3)、(4)および(5)に対応する。

破線は判別値(-0.4571)を示す。

点棒は普通ダイズ品種を、白棒は枝豆ダイズ品種を示す。

★は普通ダイズ品種と枝豆ダイズ品種が同数存在することを示す。

図中の数字は第 1 - 1 表の品種番号を示す。

下線を有する品種にはシワ豆が存在する。

1-4 考察

ダイズ種子は、発芽に要する吸水量がイネ、トウモロコシ（禾本科の場合胚乳）、テンサイよりも多い（Hunter and Erickson, 1952）。このように他の作物より多くの吸水を可能にしている原因は、イネ、トウモロコシ、テンサイに比較してダイズ種子の子葉の組織構造が柔軟であることおよび浸透性を高める物質が多く存在することによることを示唆している。ダイズ種子組織の微細構造を観察した岡村（1968）によれば、ダイズ子葉の微細構造が毛細管より成り立つと仮定すればその半径は 20 ~ 32 Å であり、活性炭の 2 ~ 4 倍になる。このような組織構造の特徴も吸水量を多くしている要因とみられる。なお、皺のある種子が皺のない種子よりも大きな吸水量を示したのは、皺のある種子がトウモロコシおよび水稻種子の場合の shrunken (sugary) (East and Hayes, 1911 ; Malns, 1948 ; Satoh and Omaura, 1981) のような特徴を有するためである可能性がある。ダダチャマメの完熟期に採種した場合腐敗が起こるのは糖類の含量が多いことに起因する可能性がある。しかし、皺が生じる品種であるダダチャマメの採種法が莢未熟期であるため（青葉 1956）、種子の含有成分の蓄積不良が原因で腐敗が起こるとも考えられる。

枝豆として栽培されているダイズに B 型の吸水特性を示す品種が多い。特に山形県庄内地方の良食味枝豆品種「ダダチャマメ」は市販されている 1 品種を除いて全てがこの吸水特性を示す種子であった。これらの品種群は農家自身によって選抜・系統維持がおこなわれている

(青葉 1976) ため、この吸水特性の除去がおこなわれていないことによる遺伝的要因と、慣行採種法では莢未熟期に採種しているための環境要因が、高い吸水特性を有する種子を生成する原因とみられる。なお、青葉 (1956) によれば一般的にダイズには硬実性はないとされているが、本実験と類似の種子の吸水実験から、ダダチャマメには「弱い硬実性」があると推定される。

古宇田 (1934) は、「枝豆は、ダイズの用途上の一異名であって、一般ダイズと性状上異なる所なく、品種としての特性が枝豆として区別されるに外ならない」としている。しかし、品種特性としての食味の特徴には言及していない。これに対して、煮豆用品種として選抜された「茶マメ 1 号」(川上 1949) は、甘味が強く、質(組織構造)が柔軟であることを川上は指摘している。本研究で供試した「ダダチャマメ」は茶豆であり、含有成分および組織構造の点で川上(1949)の選抜した品種と共通する性質があるとみられる。本研究の結果は、普通ダイズ品種群に比較して、ダダチャマメとともに他の枝豆品種も子葉の乾物重当たり吸水率が高いことを示している。これは枝豆品種が甘味が高いこと、すなわち糖分含量(鶴沢ら 1987) さらにアミノ酸含量が高いこと(青葉 1976) によると推察される。これらの成分は“Internal forces”(Shull, 1914)として吸水に関与しているとみられる。

判別分析の結果、誤判別されたのは枝豆ダイズ品種が 9 品種、普通ダイズ品種が 7 品種であった。誤判別の比率は供試品種数で異なるが、両品種群からほぼ同数の品

種が誤判別された。誤判別の結果は、品種特性が枝豆として必ずしも適しないものが地域によっては枝豆として栽培されていること、逆に枝豆としての特性を有しているが地域によって普通ダイズとして取り扱われていることによるためとみられる。このことは、従来の枝豆ダイズ品種と普通ダイズ品種が必ずしも判然と分かれてはいないという古宇田（1934）の指摘とも一致する。

乾燥種子を吸水させた場合、ササゲ、アズキなどは s 字曲線を描き、吸水速度の急上昇まで lag time を有するのに対して、ダイズの場合は、時間の経過とともにほぼ直線的に吸水が進行することが指摘されている（岡村ら 1970）。しかし、本実験では直線的に吸水が進行しなかった。ただし、枝豆ダイズ品種および普通ダイズ品種とも両対数目盛の場合一定時間まで直線的に吸水が進行した。枝豆ダイズ品種は、A および B 型吸水特性を示す種子とも吸水開始 8 ～ 20 時間までは、普通ダイズ品種よりも緩慢に吸水が進行し、以後急速に吸水が進み、最終的には普通ダイズ品種よりも高い吸水率を示した。これは、吸水に関わる含有物質と吸水による肥大を抑制する種皮の性質のバランスが 8 ～ 20 時間後に打破されたためとみられる。

本実験の結果は、A および B 型吸水特性に関係なく、完熟種子の段階でも、枝豆ダイズ品種群と普通ダイズ品種群が主として完熟種子の吸水速度と子葉の乾物重当たりの吸水率の 2 つの要因で区別される特徴を有することを示した。

1-5 摘要

本章では枝豆ダイズ品種を含む 115 ダイズ品種（3 品種に 3 種類の形状の異なる種子が形成されたので 6 種類を加えたため 121 品種・種類）の完熟種子を用いてそれらの吸水測定値を測定し、吸水特性による品種分類を検討した。

吸水特性としては、種皮および子葉の乾物重当たり吸水率、種子体積当たり吸水率および抱水率を測定した。さらに、完熟種子を 52 時間浸透し、定時的に重量を測定し、各測定時間と対応する吸水種子重の回帰係数を求めた。

これら 5 つの吸水特性を用いて判別分析をおこなった結果、枝豆ダイズ品種群と普通ダイズ品種群がかなり判然と 2 群に分類される結果がえられた。5 つの吸水特性値のうち、枝豆ダイズ品種群は子葉の乾物重当たり吸水率が大きく、普通ダイズ品種群は完熟種子の吸水速度が大きい特徴がみられた。

これらの結果は、完熟種子の段階でも枝豆ダイズ品種群と普通ダイズ品種群は、種子内において吸水に関与するとみられる含有物質（糖類、アミノ酸類など）の量および種子の組織構造が異なることを示唆している。

第 2 章 枝豆ダイズと普通ダイズにおける全糖と水溶性窒素含量の差異

2-1 緒言

枝豆はダイズの未熟状態で種子を食用にするものであり、ダイズの利用方法の一つである。Konovsky (1990) は枝豆の好みを食味の特徴で New Type と Old Type の 2 つの型に分類可能であると報告している。New Type は甘く、良食味の枝豆で糖、アミノ酸含量が多いタイプである。Old Type は豆の味（豆臭）がする枝豆で、大部分の大粒在来枝豆品種がこれに該当する。今後は、枝豆の食味品質は香味、甘味、歯ざわり等が重視され、新しいタイプの枝豆品種の作出が目標とされると思われる。しかし、食味品質の研究は少なく、スクロース含量、遊離アミノ酸のグルタミン酸が食味に関与していることが示唆されている（増田 1989）。

山形県庄内地方で明治時代から栽培されてきた在来枝豆のダダチャマメは、食味は極めて良く、新しいタイプの枝豆と考えて良い。しかし、食味形質に関しダダチャマメと一般の枝豆ダイズおよび普通ダイズとの比較研究は充分になされてきていない。

第 1 章でダイズの吸水特性の 5 特性値を用いて判別分析をおこなった結果、枝豆ダイズ品種群と普通ダイズ品種群が比較的判然と 2 群に分類される結果がえられた。これらの結果は、完熟種子の段階でも 2 品種群は、種子

内において吸水に関与するとみられる含有物質の量が異なることを示唆した。

本章においては、枝豆の食味に強く関与していると考えられる全糖と、遊離アミノ酸の指標と推定される水溶性含有物質の窒素含量（以下水溶性窒素含量）を、ダイズの未熟種子と完熟種子を用いて分析した。すなわち、枝豆ダイズ品種群と普通ダイズ品種群および山形県庄内地方在来種の良食味枝豆であるダダチャマメ系の品種を用いて、全糖、遊離アミノ酸含量の関与を検討した。

2-2 材料および方法

枝豆ダイズ品種 30 品種、普通ダイズ品種 86 品種および山形県庄内地方の枝豆在来種であるダダチャマメ 20 種を供試した(第 2-1 表)。ただし、ダダチャマメ 3 品種に、完熟段階で種子表面に「皺」の出来る度合いで、別種類の 3 種子群として実験に供した。そのため、ダダチャマメの品種は 14 品種であるが、3 品種が 2 種類となったので品種・種類の合計 20 種となった(第 1 章)。

1991 年 5 月 10 日に直径 12cm、深さ 15cm の黒のビニールポットに播種し、ガラスハウス内で約 12 日間育苗して、初生葉展葉時に山形大学農学部附属農場の圃場に定植した。堆肥を 10a 当たり 3 t 散布し、施肥はダイズ化成肥料(N:P:K=6:18:24)を 10a 当たり 100kg 基肥とし施用し、追肥はおこなわなかった。畝幅は 80cm とし、株間は早生品種で 10cm、中生品種で 20cm、晩生品種で 30cm ~ 40cm とした。肥培管理は慣行枝豆栽培方法によった。

未熟種子(枝豆)は、開花から約 30 日以降の種子を咀嚼し、種子が市販の枝豆と同等の堅さになった段階の莢を収穫した。なお、枝豆収穫適期は品種によって異なるが、枝豆ダイズ品種は開花後約 30 ~ 40 日、普通ダイズ品種の場合は約 40 ~ 50 日である。莢から種子を取りだし、凍結乾燥し(EYLELA FD-80 type freezer)、粉碎し(CYCLOTEC 1093 sample mill)、100 mesh 以下の粉末を供試材料として全糖と水溶性窒素含量を分析した。

全糖含量の分析

試料 2 g に 80 % エタノール 20ml を加えて、95 ~ 98 °C

第 2 - 1 表 供試品種名

普通ダイズ品種

No. 1	イズズ	No. 44	野起 1 号
No. 2	白茨 1 号	No. 45	金成 1 号
No. 3	カリカチ	No. 46	スズユタカ
No. 4	ヒメユタカ	No. 47	野起白花
No. 5	はしりまめ	No. 48	茶豆
No. 6	東北 70 号	No. 49	ネマシラズ
No. 7	ヒゴムスメ	No. 50	岩手 1 号
No. 8	はつこがね	No. 51	シロセンナリ
No. 9	御社	No. 52	タシレイ
No. 10	松浦	No. 53	白毛 9 号
No. 11	ユウヅル	No. 54	しなのしろめ
No. 12	フジムスメ	No. 55	オクシロメ
No. 13	トヨスズ	No. 56	革新 1 号
No. 14	キタムスメ	No. 57	ゲデンシラズ
No. 15	大館 1 号	No. 58	南部竹館
No. 16	新 3 号	No. 59	新 4 号
No. 17	ワセシロメ	No. 60	岩手 2 号
No. 18	コガネダイズ	No. 61	ミヤギシロメ
No. 19	ワセシロゲ	No. 62	黒鉄砲
No. 20	農林 1 号	No. 63	エンレイ
No. 21	コケシジロ	No. 64	ヒタシマメ
No. 22	川流 (岩手)	No. 65	つるの卵
No. 23	花嫁茨城	No. 66	シロタエ
No. 24	旭 60 号	No. 67	納豆小粒
No. 25	陽月	No. 68	中鉄砲
No. 26	茨城 7 号	No. 69	砂丘青豆
No. 27	農林 2 号	No. 70	鞍掛
No. 28	奥羽 13 号	No. 71	白鳳 1 号
No. 29	フクナガ 1 号	No. 72	モヤシマメ
No. 30	ウゴダイズ	No. 73	ミスズダイズ
No. 31	デワムスメ	No. 74	ナカセナリ
No. 32	はつかり	No. 75	ミヤギオオシロ
No. 33	小八月	No. 76	小倉大豆
No. 34	あぜみのり	No. 77	改良あいさ
No. 35	白鶴の子	No. 78	タマホマレ
No. 36	ライデン	No. 79	大玉
No. 37	菊地 1 号	No. 80	世界一
No. 38	ライコウ	No. 81	黄色秋大豆
No. 39	秋田兄	No. 82	フクユタカ
No. 40	達磨 1 号	No. 83	玉光
No. 41	房成	No. 84	ホウギョク
No. 42	伊予大豆	No. 85	アキヨシ
No. 43	撫子 1 号	No. 86	千代姫

第2-1表 供試品種名(続き)

枝豆ダイズ品種		枝豆ダイズ品種(ダダチャ豆)	
No. 1	早生緑	No. 1	庄内1号(丸)
No. 2	吉岡大粒	No. 2	庄内1号(中間)
No. 3	中生光黒	No. 3	庄内1号(シワ)
No. 4	三本一升	No. 4	早生白山ダダチャ(丸)
No. 5	晩生青枝豆2号	No. 5	早生白山ダダチャ(中間)
No. 6	彼岸青	No. 6	早生白山ダダチャ(シワ)
No. 7	電光奥原	No. 7	白山ダダチャ(丸)
No. 8	新電光	No. 8	白山ダダチャ(中間)
No. 9	えぞにしき	No. 9	白山ダダチャ(シワ)
No.10	白毛グリーン	No.10	紫ダダチャ
No.11	サッポロミドリ	No.11	庄内2号
No.12	奥原早生(HS1号)	No.12	庄内3号
No.13	北光みどり	No.13	金峰ダダチャ
No.14	青森みどり	No.14	庄内5号
No.15	テイステイ85	No.15	越後ハニー
No.16	新雪緑	No.16	晩生ダダチャ
No.17	えぞみどり	No.17	香茶
No.18	一人娘	No.18	外内島ダダチャ
No.19	奥原早生	No.19	小真木ダダチャ
No.20	奥原早生1号	No.20	早生ダダチャ
No.21	白鳥		
No.22	青ばた		
No.23	三河島		
No.24	雪の下		
No.25	鶴の子		
No.26	かほり		
No.27	さやかぜ		
No.28	北光みどり2号		
No.29	岩手在来①		
No.30	岩手在来②		

で 60 分間熱抽出し、冷却後上澄液を吸引濾過（Toyo-Rosi No.2）し、これを 3 回繰り返す、濾液を 100ml に定容した。この抽出液 20ml をウォーターバス内でアルコールを蒸発させ、中性酢酸塩（ $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ）飽和液 0.5ml を加えて濾過（Toyo-Rosi No.131）し、タンパク質を除去した。次いで、シュウ酸カリウム（ $(\text{COOK})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ）飽和液 0.5ml を加えて濾過（Toyo-Rosi No.7）し、鉛を除去した。これを 100ml に定容した。さらに、この溶液を 20ml に 25 % 塩酸（HCl）1 ml を加えて、25 °C の恒温器で 24 時間処理し、単糖類に加水分解した。この溶液を水酸化ナトリウム（NaOH）で中和し 100ml に定容し、2 ml をソモギ・ネルソン法によって 2 反復で全糖含量を定量した。

水溶性窒素含量分析

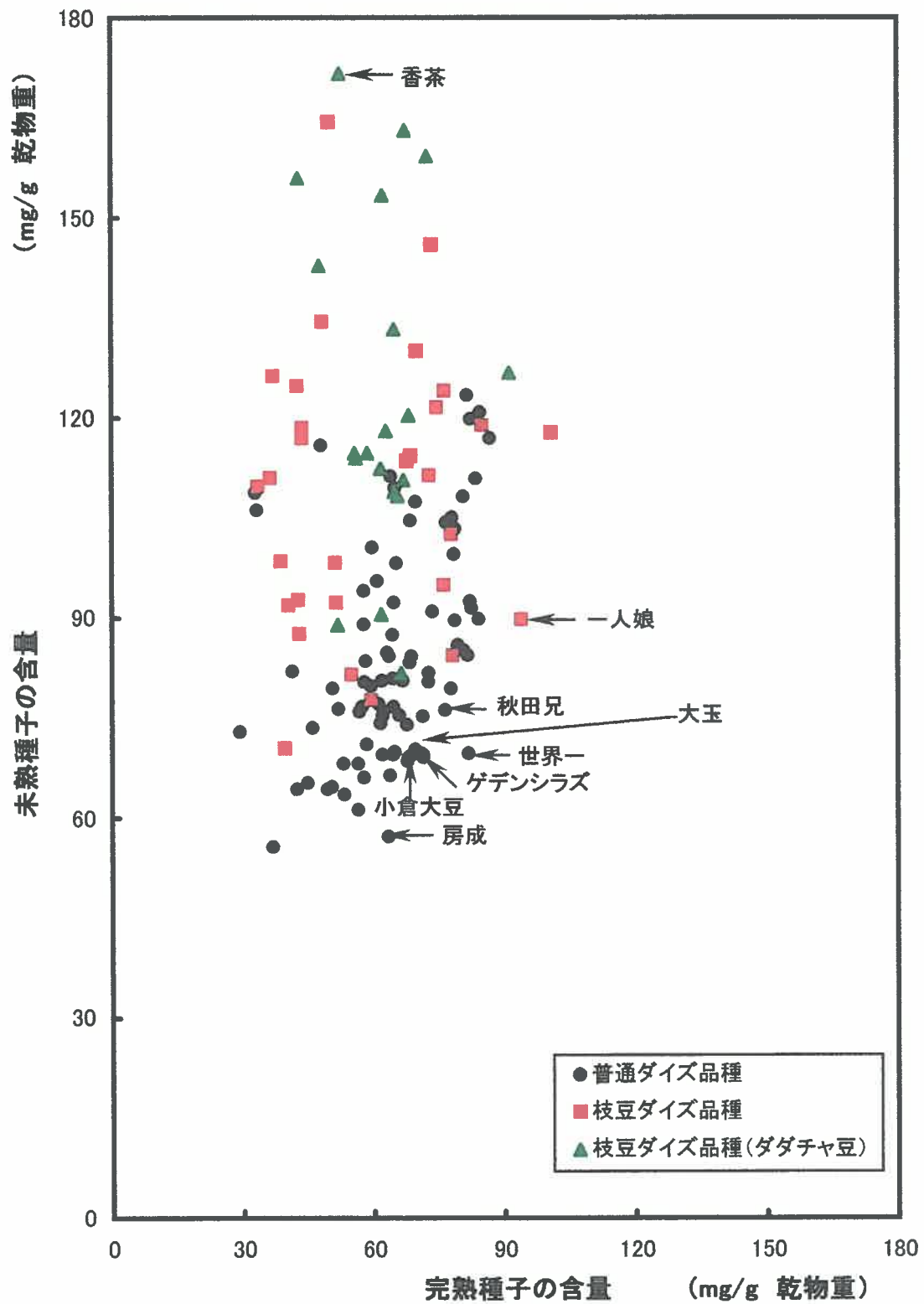
試料 1 g に 25ml の純水を加え 1 時間振とう後、75 °C に加熱し、5 % 硫酸マグネシウム（ MgSO_4 ）液を 5 ml 加えてタンパク質（豆腐成分）を凝固させ、濾過（Toyo-Rosi No.2）した後、濾液を 50ml に定容し、10ml を kjeltec system 1026（（株）日本ゼネラル、東京）によって、セミマイクロ・ケルダール法によって 2 反復で窒素含量を定量した。

2-3 結果

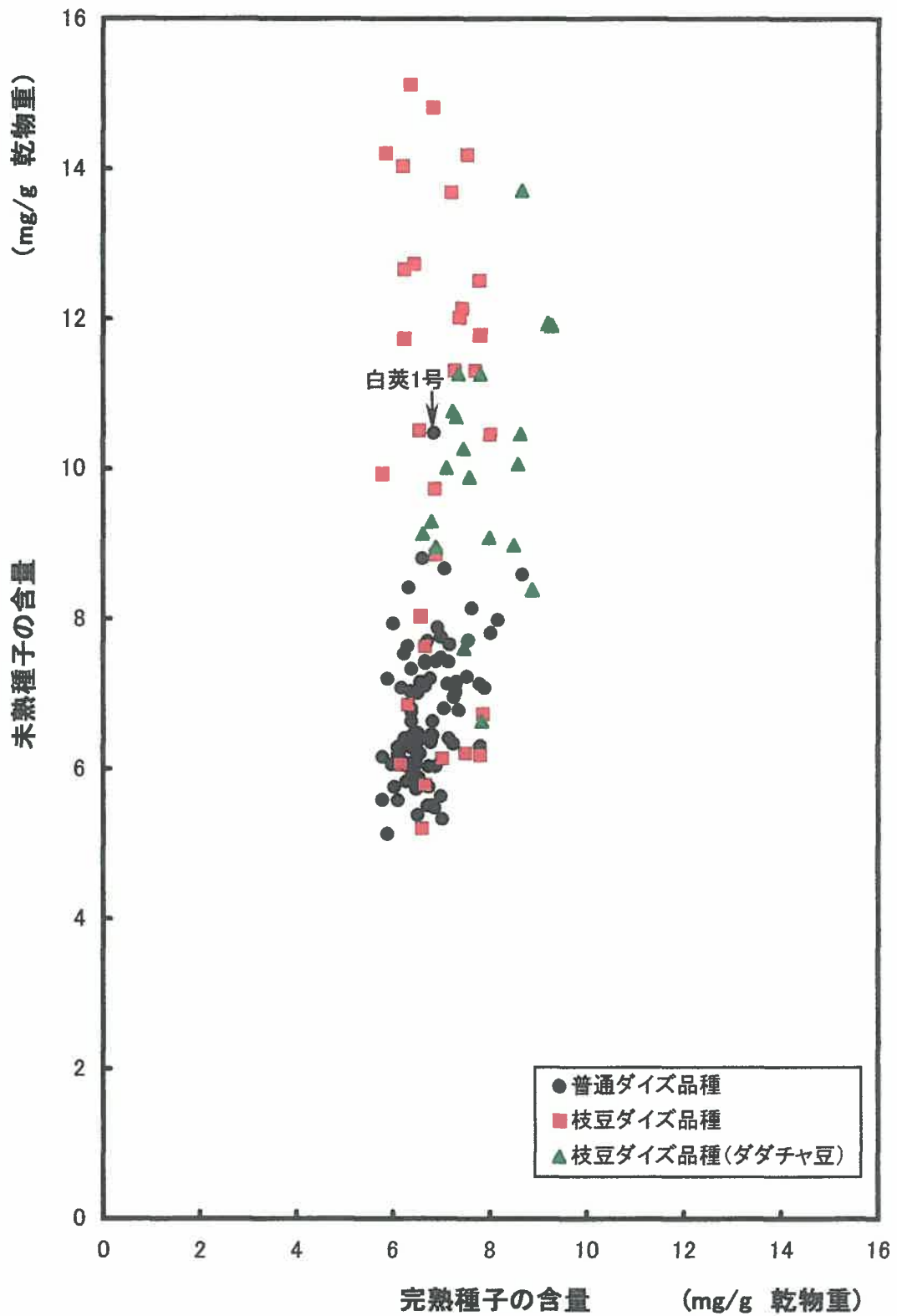
第 2-1 図に枝豆ダイズ 30 品種、普通ダイズ 86 品種およびダダチャマメ系 20 種の合計 136 種について、乾物重（グラム）当たりの全糖の完熟種子における含量と未熟種子における含量との関係を示した。全糖含量は未熟種子では約 50mg/g ~ 180mg/g - 乾物重の範囲にあり、完熟すると約 30mg/g ~ 100mg/g - 乾物重となる。全糖含量において枝豆ダイズ品種は「一人娘」の 1 品種、普通ダイズ品種は「秋田兄」、「房成」、「ゲデンシラズ」、「小倉ダイズ」、「大玉」、「世界一」の 6 品種を除いて、完熟すると減少する傾向がみられた。その傾向は枝豆ダイズ品種群で多くみられ、ダダチャマメ系で著しく、一番減少した「香茶」で未熟時の約 30% となった。

第 2-2 図は乾物重（グラム）当たりの水溶性窒素の完熟種子含量と未熟種子含量との関係を示した。水溶性窒素含量において未熟種子は約 5 mg/g ~ 15mg/g - 乾物重の範囲にあり、完熟すると約 5 mg/g ~ 10mg/g - 乾物重となる。枝豆ダイズ品種・ダダチャマメ系の未熟種子では約 9 mg/g ~ 15mg/g - 乾物重と含量が高い範囲に多く分布する傾向があり、完熟すると減少する傾向がみられた。しかし、ダダチャマメ系品種の中に完熟してもかなりの含量（8mg/g 以上）が残存するものが観察された。一方、普通ダイズ品種は「白莢 1 号」の 1 品種を除いて未熟種子は約 5 mg/g ~ 9 mg/g - 乾物重の範囲にあり、完熟しても含量は変わらない傾向がみられた。

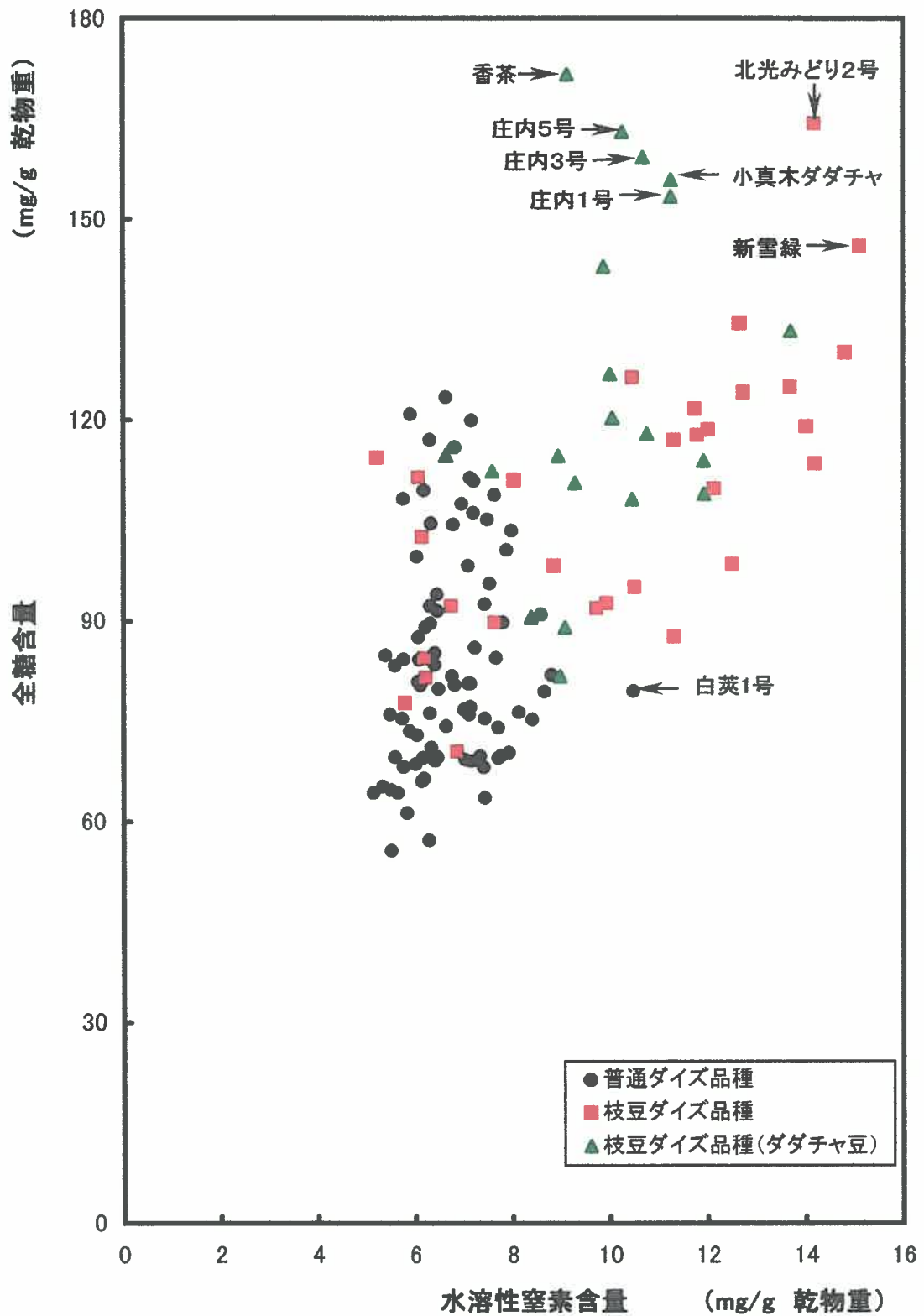
第 2-3 図には未熟種子の全糖含量と水溶性窒素含量と



第2-1図 普通ダイズ品種および枝豆ダイズ品種の全糖における
 完熟種子含量と未熟種子含量の関係



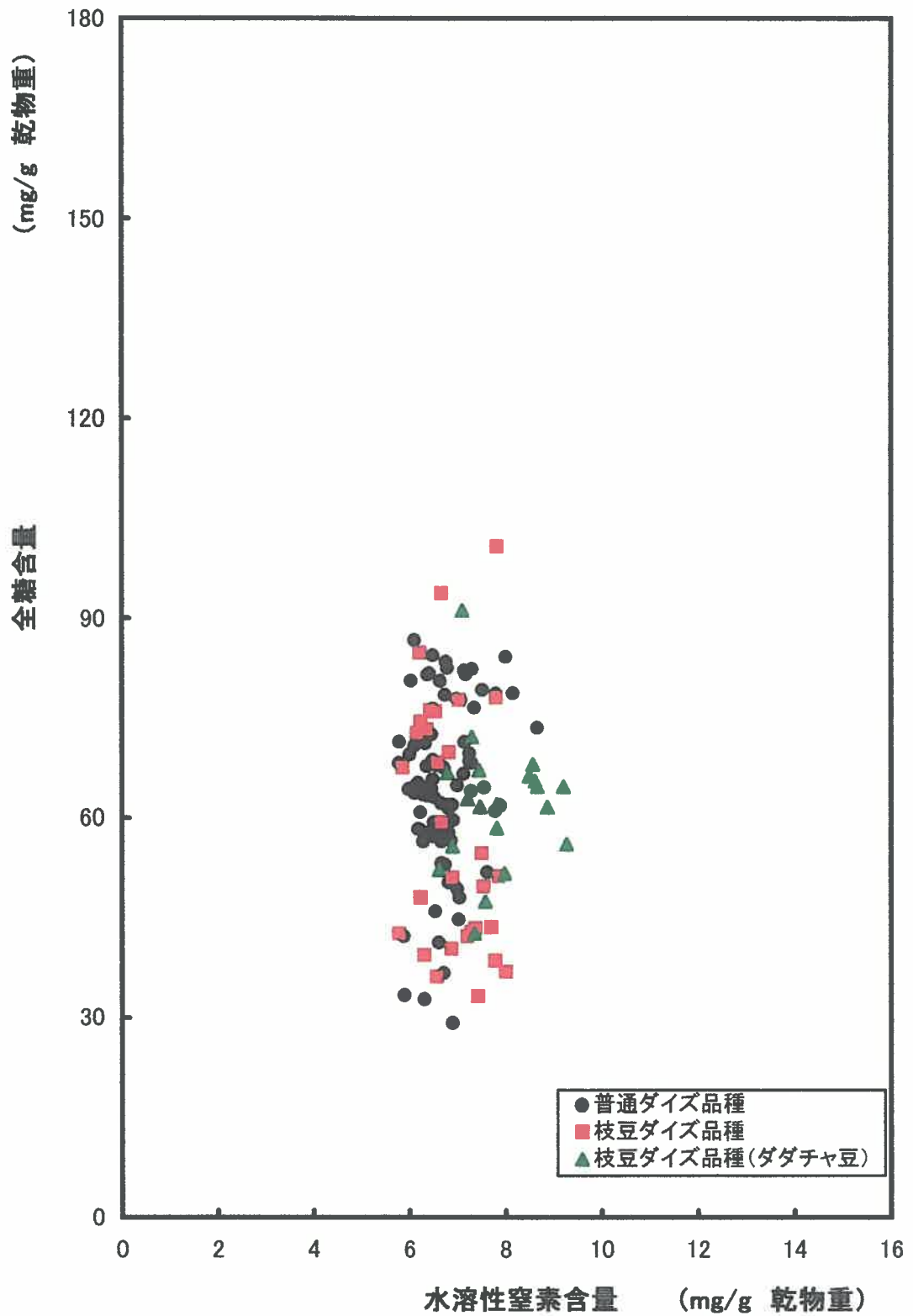
第2-2図 普通ダイズ品種および枝豆ダイズ品種の水溶性窒素における完熟種子含量と未熟種子含量との関係



第2-3図 普通ダイズ品種と枝豆ダイズ品種の未熟種子における水溶性窒素含量と全糖含量との関係

の関係を示した。枝豆ダイズ品種・ダダチャマメ系は全糖含量と水溶性窒素含量が高い領域に多くの品種が分布する傾向がある。一方、普通ダイズ品種は「白莢1号」の1品種を除いて、全糖含量と水溶性窒素含量が低い領域に多くの品種が分布する。全糖含量は水溶性窒素含量と相関は全体で $r=0.640$ ($p < 0.001$)、枝豆ダイズでは $r=0.693$ ($p < 0.001$) でいずれも正の相関関係を示し有意であった(第2-2表)。全糖含量と水溶性窒素含量を高い水準で含有する品種は「北光みどり2号」、「新雪緑」である。全糖含量が高い値を示した品種はダダチャマメ系の「香茶」、「庄内5号」、「庄内3号」、「小真木ダダチャ」、「庄内1号」であった。

第2-4図は完熟種子の全糖含量と水溶性窒素含量との関係を示した。枝豆ダイズ品種・ダダチャマメ系品種群と普通ダイズ品種群ともに、全糖含量と水溶性窒素含量は狭い範囲に分布し、品種群間の分布の差異は明確でなかった。



第2-4図 普通ダイズ品種と枝豆ダイズ品種の完熟種子における水溶性窒素と全糖含量との関係

第2-2表 完熟および未熟種子の水溶性窒素含量と全糖含量相関行列

全品種 n=136				
	完熟全糖	未熟全糖	完熟水溶性窒素	未熟水溶性窒素
完熟全糖	-			
未熟全糖	0.062	-		
完熟水溶性窒素	-0.010	0.258**	-	
未熟水溶性窒素	-0.098	0.640***	0.338***	-
普通サイズ品種 n=86				
	完熟全糖	未熟全糖	完熟水溶性窒素	未熟水溶性窒素
完熟全糖	-			
未熟全糖	0.366***	-		
完熟水溶性窒素	0.184	0.120	-	
未熟水溶性窒素	0.085	0.149	0.395***	-
枝豆サイズ品種 n=30				
	完熟全糖	未熟全糖	完熟水溶性窒素	未熟水溶性窒素
完熟全糖	-			
未熟全糖	0.078	-		
完熟水溶性窒素	-0.227	-0.013	-	
未熟水溶性窒素	-0.035	0.693***	-0.066	-
枝豆サイズ品種 (ダダチャマメ) n=20				
	完熟全糖	未熟全糖	完熟水溶性窒素	未熟水溶性窒素
完熟全糖	-			
未熟全糖	-0.106	-		
完熟水溶性窒素	0.014	-0.490*	-	
未熟水溶性窒素	0.071	0.315	0.341	-

*、**、***：それぞれ5%、1%、0.1%水準で有意

2-4 考察

普通ダイズの完熟種子における成分（タンパク質、脂質、炭水化物、灰分）の変動についての報告は平ら（1971）によっておこなわれている。一方、枝豆の食味に関する研究に関して増田（1988）は、貯蔵時における各成分の変動および、官能検査と成分分析結果との関係を品種間差異とともに検討した。その結果、スクロース、遊離アミノ酸のグルタミン酸、アラニンが甘味、旨味、総合評価に関与していることを指摘した。さらに同氏（1992）は、登熟中におけるスクロース、デンプンなどの変動を検討し、枝豆の可溶性糖類の大部分がスクロースであることを指摘した。しかし、ダイズを枝豆の観点から取り組んだ含有成分に関する研究は少ない。

第1章で指摘したように、古宇田（1934）は「枝豆は、ダイズの用途上の一異名であって、一般ダイズと性状上異なるところなく、品種としての特性が枝豆として区別されるに外ならない」としている。しかし、品種特性として食味の特徴には言及していない。Konovsky（1990）は枝豆の好みを食味の特徴で「甘味」と「豆の味」の二つのタイプに分けることが出来ると指摘している。豆の味を好む Old Type と甘味を好む New Type に分けられることを報告している。野菜としての枝豆は食べて美味しいことが要求され食味特性は無視できない。

本研究では、枝豆収穫適期（枝豆ダイズ品種は開花後約30～40日、普通ダイズ品種の場合は約40～50日）の全糖含量、水溶性窒素含量は完熟すると減少する傾向が

みられた。全糖含量が減少する傾向は普通ダイズ品種群と比べ枝豆ダイズ品種群で高い。このことは種子が完熟に向かうに伴い、糖がデンプンに移行した可能性が考えられる。水溶性窒素の減少は全糖と同様に枝豆ダイズ品種群で減少傾向が高く、アミノ酸がタンパク質に移行したものと考えられる。しかし、水溶性窒素の減少は枝豆ダイズ品種群のなかでもダダチャマメ品種ではその傾向が低く、一定量が種子に残っていた。これは、何らかの原因でアミノ酸からタンパク質への合成経路がブロックされている可能性が推察された。

完熟種子の全糖含量と水溶性窒素含量との関係は、枝豆ダイズ品種・ダダチャマメ系品種群と普通ダイズ品種群ともに、全糖含量と水溶性窒素含量ともに狭い範囲に分布し、品種群間の分布の差異は明確でなかった。このことから、ダイズの完熟種子の吸水特性値を用いた判別分析で2品種群が2群に分類された結果は、糖や遊離アミノ酸が関与しているものではなく、その他の含有物質か、または種子の組織構造が異なることが関与しているものと考えられる。

未熟種子の全糖量と水溶性窒素量の関係は枝豆ダイズと普通ダイズを込みにした場合は高い正の相関がみられ、しない場合は枝豆ダイズ品種群の相関は高く、普通ダイズ品種群は低い傾向にあった。この結果は枝豆ダイズの育種において、分析が容易な水溶性窒素含量を分析し、高い個体を選抜することで、糖含量および遊離アミノ酸含量の高い枝豆の作出の可能性が示唆された。

2-5 摘要

本章では、ダイズの未熟種子と完熟種子について、枝豆ダイズ品種群と普通ダイズ品種群およびダダチャマメ系の品種間差異を検討した。

全糖含量は枝豆ダイズ品種群で減少傾向が高く、ダダチャマメ系で著しく、「香茶」で未熟時の約 30%となった。未熟種子に含有する全糖が完熟時までにはデンプンに移行した可能性が考えられる。

ダダチャマメ系品種の種子には完熟してもかなりの水溶性窒素が残存する傾向がある。普通ダイズ品種は1品種を除いて完熟しても水溶性窒素含量は未熟種子と変わらない傾向がみられた。これらのことから、普通ダイズ品種やダダチャマメ品種の一部は未熟種子の時期にすでにアミノ酸からのタンパク質合成が完了あるいは停止していた可能性が考えられる。

未熟種子の全糖含量と水溶性窒素含量との相関は全体で $r=0.640$ ($p < 0.001$)、枝豆ダイズでは $r=0.693$ ($p < 0.001$) でいずれも正の相関関係を示し有意であった。枝豆ダイズ品種群は普通ダイズ品種群よりも全糖含量と水溶性窒素含量がともに多い傾向があった。

全糖含量、水溶性窒素含量ともに未熟種子が完熟すると減少する傾向がみられた。減少傾向は枝豆ダイズ品種群で高かった。

完熟種子の全糖含量と水溶性窒素含量は枝豆ダイズ品種と普通ダイズ品種群ともに、狭い範囲に分布し、品種群間の分布の差異は明確でなかった。このことから、第

一章の判別分析の結果は、全糖や遊離アミノ酸が関与しているものではなく、その他の含有物質か、種子の組織構造が異なることが関与しているものと考えられる。

第 3 章 枝豆ダイズと普通ダイズにおける 水溶性窒素と遊離アミノ酸含量変動の 特性

3-1 緒言

世界的には、ダイズは油量・飼料作物であるが、アジアでは、ダイズの用途によって利用方法に 2 つの型が存在する。一つは野菜として利用する枝豆である (Lumpkin et al, 1993)。もう一つは納豆、味噌、醤油等として利用する普通ダイズ品種 (又は種子用ダイズ) である (平ら 1979a,b)。普通ダイズ品種のタンパク質含量は乾物重で 40 % 以上であるが (Fehr, 1987 ; Kitamura, 1991)、ダイズの育種目標としてタンパク質含量をより増加させることが要求されている (Fehr, 1987; Kitamura, 1991)。さらに、栄養価の低い β - conglycinin 含量を少なく、それに伴い栄養価の高い glycinin 含量を増加させダイズ種子タンパク質の質的改善に関する研究がなされている (Saio et al. 1973 ; Orf and Hymowitz, 1979 ; Ogawa et al., 1989)。一方、実取りダイズの豆臭の発生を抑制するため、ダイズのリポキシゲナーゼ含量を低下させ、豆臭さを減少させると言う研究もなされている (Hildebrand and Hymowitz, 1981 ; Wilson et al., 1981 ; Yabuuchi et al., 1982 ; Kitamura, 1984 ; Hajika et al., 1991)。

枝豆は開花後 30 日から 40 日に収穫され、約 2 分間茹でて食される。枝豆ダイズの育種は耐病性、耐虫性、熟期は早生化、食味品質、収量などが育種目標とされてい

る (Shanmugasundaram et al., 1991 ; Takahashi, 1991)。わが国においては、多くの枝豆品種は在来種であり、古くから農民の手で選抜、保存されてきた (青葉 1956)。普通ダイズ品種 (実取りダイズ) の未熟種子も枝豆ダイズ品種と同じ調理方法で食べることができるが、枝豆ダイズ品種は普通ダイズ品種と比べ風味、食味、歯ざわり等の点で優れている。

本章においては、枝豆と普通ダイズ品種の未熟と完熟種子の水溶性窒素含量と遊離アミノ酸含量の差異・変動を分析・検討した。

3-2 材料および方法

水溶性窒素含量の測定

完熟種子の吸水特性の差異（第1章）を参考にして、枝豆ダイズ品種 10 品種と普通ダイズ品種 13 品種を供試材料とした。第 3-1 表に生育特性を示した。供試材料の大部分の品種は東北地方と北海道で栽培している品種であり、晩生の普通ダイズは関東地方で栽培されている品種である。

ダイズ種子は 1991 年 5 月 10 日に深さ 15cm 黒のビニールポットに播種し 14 日間ガラス室で育苗し、山形大学農学部附属農場の圃場に 5 月 24 日定植した。ダイズ用化成肥料（N：P：K=6:18:24）を 10a 当たり 100kg 施用した。畝幅 80cm とし、株間は早生品種 10cm と 15cm、中生品種 20cm と 25cm、晩生品種は 30, 35, 40, 45cm とした。その他の肥培管理は庄内地方の慣行栽培でおこなった。1 品種の区分は畝 6 列で 1 列当たり 10 株とした。枝豆ダイズ品種 10 品種・3 反復で 30 区、普通ダイズ品種 13 品種・3 反復で 39 区、合計 69 区を圃場に設定した。これら 69 区の場所はランダム法で設定した。採取した試料 100 莢は、縁の 2 列、2 株を除いて、内側の 2 列の中央 6 株のなかから採取した。採取時期は、開花後 30 日から 40 日の未熟種子の生豆を咀嚼して、市販の枝豆とおなじ堅さの豆を試料とした。

試料は莢から取った種子を EYLELA FD-80 type freezer で凍結乾燥し、CYCLOTEC 1093 sample で粉碎後 100 mesh の篩にかけた。

第3-1表 普通ダイズ品種と枝豆ダイズ品種の生育特性

品 種	開 花 開始日	収穫 時期	草丈 (cm)	莢 数 (個体当たり)	莢重 (g/個体当たり)
枝豆ダイズ品種					
1. 彼岸青	7/24	9/17	94.3±3.4	105.7± 4.9	201.4±20.8
2. 庄内1号	6/30	8/12	42.6±0.8	24.7± 3.0	45.0± 1.8
3. 早生白山ダダチャ	7/ 4	8/12	52.3±0.9	30.3± 3.0	52.0± 4.2
4. 白山ダダチャ	7/16	8/19	60.6±1.6	32.0± 5.1	61.0± 3.2
5. 電光奥原	6/20	7/29	32.0±1.5	18.3± 0.7	31.4± 0.7
6. えぞにしき	6/20	7/29	28.7±1.6	24.7± 3.0	47.2± 4.3
7. サッポロミドリ	6/18	7/29	19.9±0.4	20.3± 0.9	39.2± 1.3
8. 奥原早生 (HS1号)	6/18	7/29	27.2±0.8	27.3± 5.2	53.0± 6.2
9. 新雪緑	6/20	8/ 1	28.3±0.4	16.0± 0.6	38.2± 1.5
10. 中生光黒	6/28	8/12	47.6±1.0	38.7± 4.7	80.1± 3.3
普通ダイズ品種					
11. イスズ	6/26	8/ 8	45.1±1.6	32.7± 0.9	51.1± 3.2
12. カリカチ	6/28	8/ 8	53.8±2.1	41.7± 4.4	80.8± 4.8
13. ヒメユタカ	6/26	8/ 4	46.1±1.0	34.7± 3.2	61.3± 3.0
14. 農林1号	7/18	8/22	54.9±2.2	104.7±23.8	69.4±10.1
15. 茨城7号	7/16	8/22	77.6±2.1	66.7±12.8	80.9± 8.7
16. デワムスメ	7/16	8/22	124.9±3.4	83.7± 7.0	107.8± 5.5
17. 茶豆	7/24	9/ 9	83.0±1.9	117.0±16.5	213.1±22.1
18. 丹波黒	7/24	9/13	96.7±1.4	79.3±11.6	144.8±16.5
19. 大玉	7/24	9/27	127.5±2.2	87.3±11.3	138.0±12.9
20. 世界一	7/28	9/24	85.3±3.3	40.7± 5.2	108.4± 7.4
21. 黄色秋大豆	8/11	10/ 8	101.2±2.9	291.3±14.3	452.8±14.1
22. 鶴の子	6/28	8/12	34.7±1.3	28.7± 2.9	63.4± 3.3
23. 一人娘	8/ 3	10/ 8	87.8±0.7	169.7±14.1	464.0±22.6

表中の値は平均±標準誤差である。

水溶性窒素含量の分析は試料 1g に 25ml の純水を加え 1 時間振とう後、75 °C に加熱し、5 % 硫酸マグネシウム (MgSO_4) 液を 5 ml 加えてタンパク質 (豆腐成分) を凝固させ、濾過 (Toyo-Rosi No.2) した後、濾液を 50ml に定容し、10ml を Kjeltac system 1026 ((株) 日本ゼネラル、東京) によって、セミマイクロ・ケルダール法によって 3 反復で窒素含量を測定した。

遊離アミノ酸含量の測定

1992 年に、水溶性窒素含量の測定の場合と同様に、枝豆ダイズ 10 品種と普通ダイズ 13 品種を供試材料にした。栽培管理、施肥量、試料の採取方法は 1991 年と同じ方法でおこない遊離アミノ酸を抽出した。

遊離アミノ酸の抽出方法は、種子粉末 0.03mg に 75 % エタノール ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) 1 ml を加えて 3 分間すりつぶし、上澄液を試験管に回収し、さらに、75 % エタノールを 0.5ml 加えて振とう後、遠心分離 (10,000rpm) し、上澄液を回収した。沈殿部分は、さらに 75 % エタノールを 0.5ml を加えて 3 分間振とうし、遠心分離 (10,000rpm) 後に前者と合一し、1.5ml に定容した。この溶液 0.5ml を減圧乾固し、0.1 % トリフルオロ酢酸 (CH_3COOH) : アセトニトリル (CH_3CN) を 1 : 1 に調整した溶液 1ml を加えて、Sep-Pak 18 plus C18 cartridge (Millipore Co., MA, USA) よって遊離アミノ酸の精製をおこなった。その後、エタノール : 純水 : 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、アミノ酸の洗浄をおこない、減圧乾固し、エタノール : トリエチルアミン ($(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{N}$) : 純水 :

イソチオン酸フェニル ($C_6H_5N:CS$) を 7 : 1 : 1 : 1 に調整した溶液 $20 \mu l$ を加えて室温で 20 分間処理し、アミノ酸の PTC ラベル化をおこなって、減圧乾固した。PTC ラベル化したアミノ酸は、 0.05mol/l リン酸水素ナトリウム ($NaHPO_4$) を pH7.4 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 $100 \mu l$ を加えて 0.2 または $0.5 \mu m$ 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 (直径 7.8mm × 長さ 15cm, Millipore Co., Ltd., Tokyo, Japan) を用いて、Pico-Tag™ HPLC System により 254nm の吸光度で各品種ごと 3 反復で分析をおこなった。L・アスパラギンと L・グルタミンを加えた 19 種類のアミノ酸 (H-type, Wako Chemical Inc. Ltd., Doshu-machi, Osaka) を標準液として各サンプルの同定をおこなった。

3-3 結果

枝豆ダイズ品種は普通ダイズ品種と比べると、草丈が低く、莢数、莢重の値も低い傾向にあった（第 3-1 表）。1991 年に測定した水溶性窒素含量と 1992 年測定した遊離アミノ酸含量は、未熟種子段階で高い正の相関を示した。完熟種子ではグルタミン酸、バリンを除いて同様の相関がみられたが、未熟種子に比べて相関関係が低かった（第 3-2 表）。遊離アミノ酸のうち、アスパラギン、アラニン、グルタミン酸、アルギニン、セリン、ヒスチジンおよびバリンの 7 種類のアミノ酸は枝豆ダイズ品種、普通ダイズ品種ともに、未熟の段階で高い含量を示した。普通ダイズと枝豆ダイズ品種を比べると枝豆ダイズ品種が高い含量を示した。特に、アスパラギンとアラニン含量が高い傾向があった（第 3-1 図）。

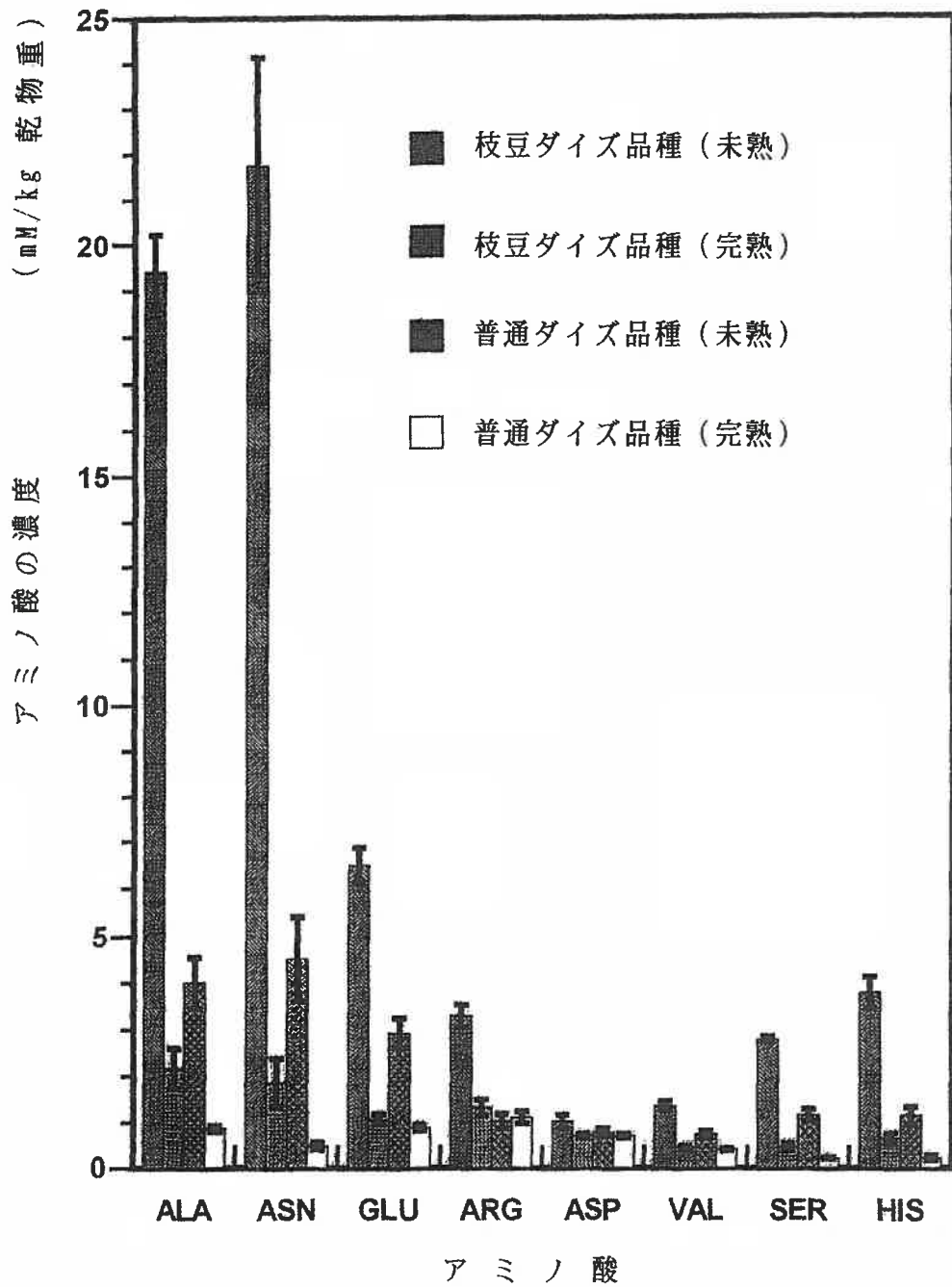
遊離アミノ酸のアスパラギン、アラニン、グルタミン酸の含量は枝豆ダイズ品種、普通ダイズ品種ともに、未熟種子で高い含量を示した（第 3-1 図）。ただし、それらの含量は普通ダイズ品種よりも枝豆ダイズ品種のほうが高い傾向を示した。これら 3 種類のアミノ酸のなかで「彼岸青」のアスパラギン含量は普通ダイズ程度であり（第 3-2 図）、「一人娘」のグルタミン酸含量は枝豆ダイズ程度であった（第 3-4 図）。しかし、アラニン含量において枝豆ダイズ品種は普通ダイズ品種と明らかに異なる範囲に分布した（第 3-3 図）。

枝豆ダイズ 10 品種と普通ダイズ 13 品種を、アスパラギン、アラニン、グルタミン酸の含量を用いて「判別分

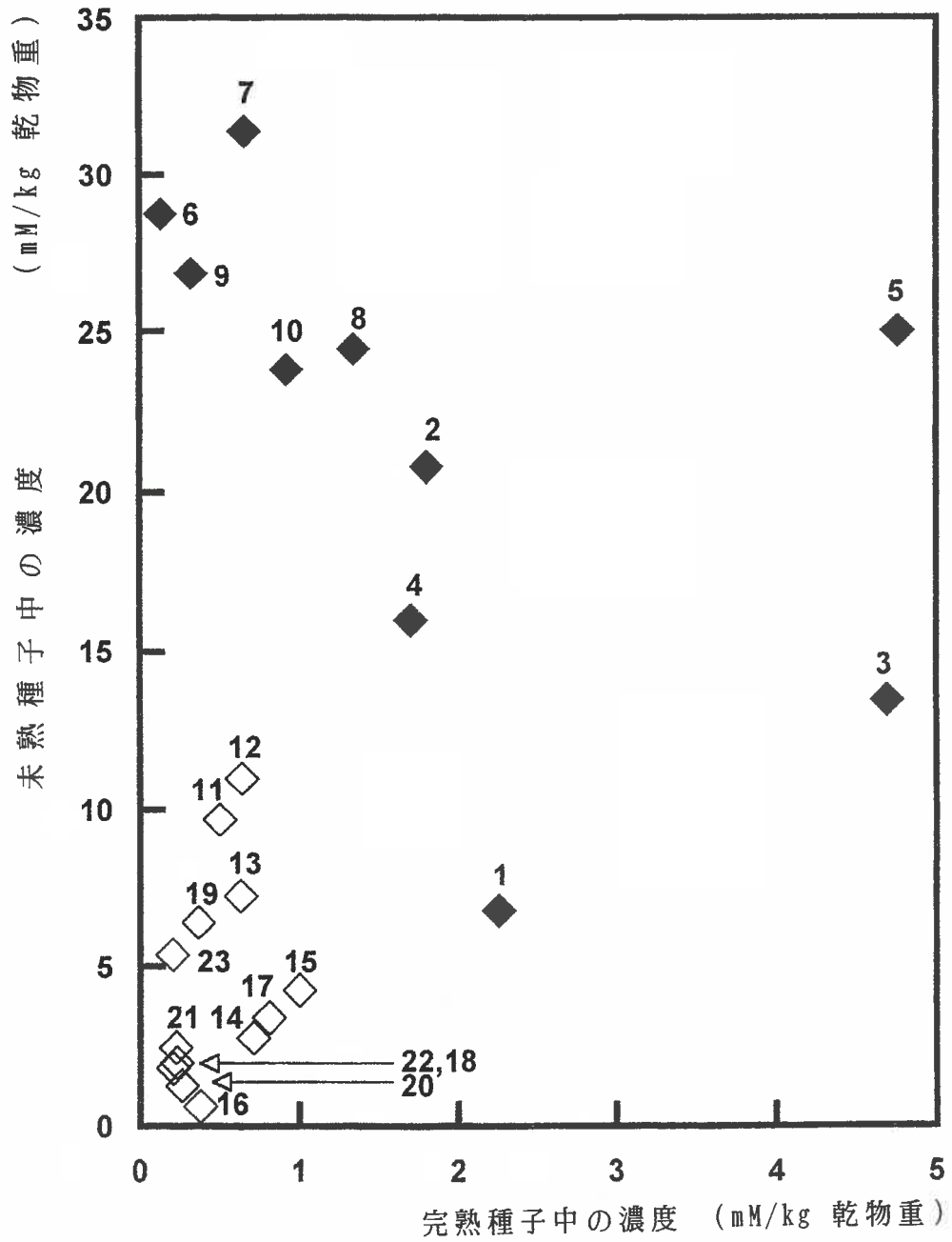
第3-2表 普通ダイズ品種(13品種)と枝豆ダイズ品種(10品種)の完熟および未熟種子における水溶性窒素含量(1991年)とアミノ酸含量(1992年)の相関係数

	アミノ酸					
	ASN	ALA	GLU	ARG	SER	VAL
水溶性窒素含量 (g/kg乾物重)	0.968***	0.836***	0.673***	0.864***	0.764***	0.893***
	0.626**	0.617**	0.139	0.584**	0.525*	0.533**

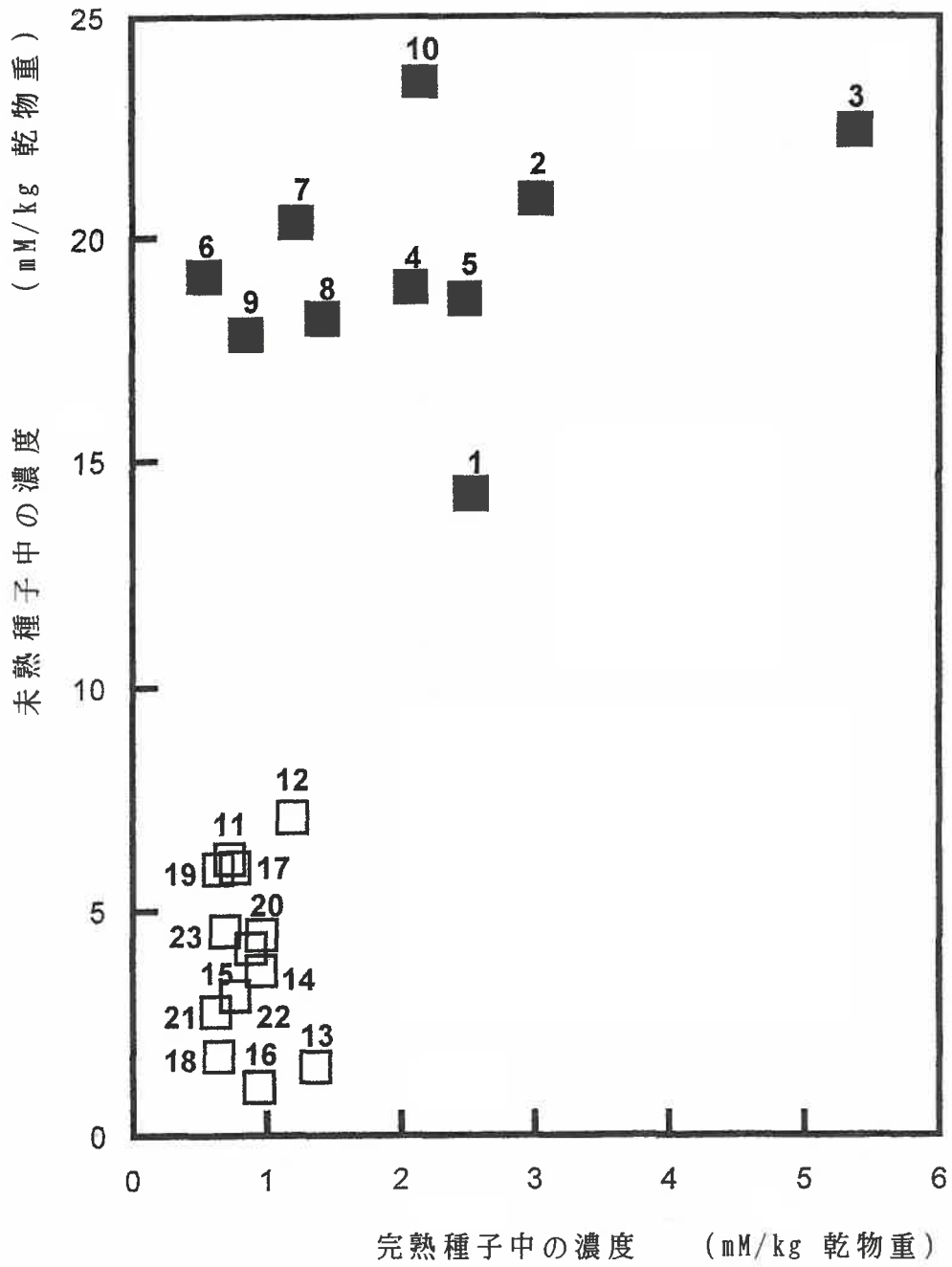
*、**および***：それぞれ0.05、0.01および0.001確率水準で有意。
 表中の上の数字は、未熟種子における相関係数。
 表中の下の数字は、完熟種子における相関係数。



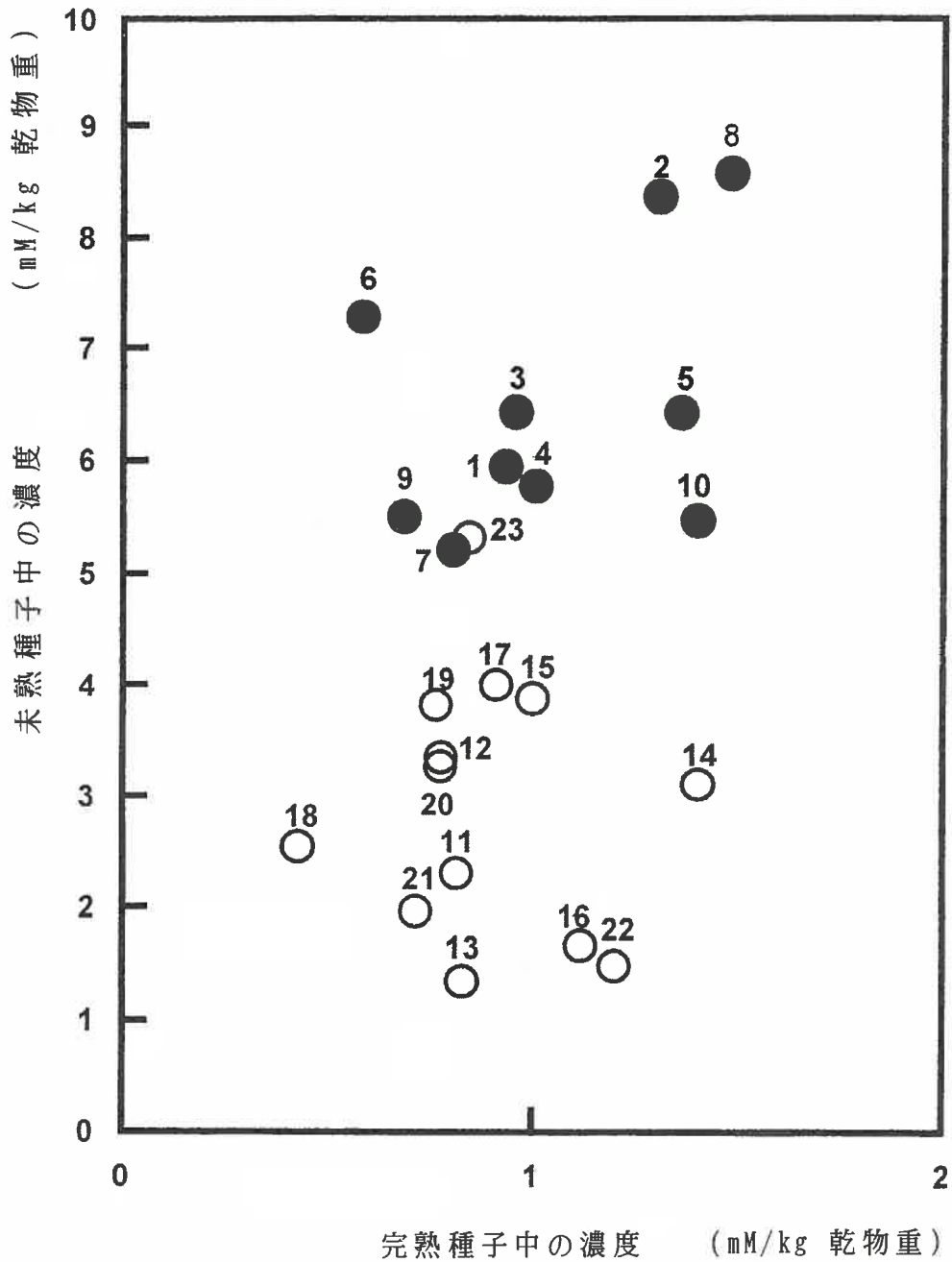
第3-1図 普通ダイズ品種および枝豆ダイズ品種の完熟および未熟種子中のアミノ酸(8種類)含量の変動
 垂直棒は、標準誤差($\times 1/2$)を示す。



第3-2図 枝豆ダイズ品種と普通ダイズ品種の完熟種子および未熟種子におけるアスパラギン含量の散布図（図中の番号は品種番号、第3-1表参照）
 ◆：枝豆ダイズ品種 ◇：普通ダイズ品種



第3-3図 枝豆ダイズ品種と普通ダイズ品種の完熟種子および未熟種子におけるアラニン含量の散布図 (図中の番号は品種番号、第3-1表参照)
 ■ : 枝豆ダイズ品種 □ : 普通ダイズ品種



第3-4図 枝豆ダイズ品種と普通ダイズ品種の完熟種子および未熟種子におけるグルタミン酸含量の散布図 (図中の番号は品種番号、第3-1表参照)

● : 枝豆ダイズ品種 ○ : 普通ダイズ品種

析」をおこなった (A)。また、アルギニン、セリン、ヒスチジンおよびバリンの含量を用いて「判別分析」をおこなった (B)。(A) と (B) のアミノ酸含量を用いて「判別分析」をおこなった結果が第 3-3 表である。判別式はそれぞれ (A) : $Z_1 = -0.013 \times \text{ASN} - 0.408 \times \text{ALA} - 0.136 \times \text{GLU} + 5.135$ 、(B) : $Z_2 = -0.783 \times \text{ARG} - 0.908 \times \text{SER} - 0.280 \times \text{HIS} + 0.312 \times \text{VAL} + 5.421$ 、(A) + (B) : $Z_3 = -0.066 \times \text{ASN} - 0.482 \times \text{ALA} + 0.011 \times \text{GLU} + 0.773 \times \text{ARG} - 1.069 \times \text{SER} - 0.019 \times \text{HIS} + 0.751 \times \text{VAL} + 5.531$ であった。

判別分析の結果、未熟種子では枝豆ダイズ品種群と普通ダイズ品種群の 2 つの型が判然と識別され、「彼岸青」、「一人娘」もそれぞれの関連する品種群に判別できた。しかし、完熟種子では未熟種子の場合のように 2 群には判別出来なかった。

第3-3表 普通ダイズ品種と枝豆ダイズ品種の未熟種子における
アミノ酸含量に基づく判別分析 (1991)

品 種	アミノ酸の組み合わせ		
	ASN+ALA+GLU (A)	ARG+SER+HIS+VAL (B)	(A)Group + (B)Group
判別スコア			
枝豆ダイズ品種			
1. 彼岸青	-1.598	-2.816	-2.972
2. 庄内1号	-4.814	-3.433	-4.285
3. 早生白山ダダチャ	-5.059	-2.579	-5.472
4. 白山ダダチャ	-3.657	-3.091	-4.739
5. 電光奥原	-3.671	-3.211	-4.870
6. えぞにしき	-4.048	-3.433	-4.430
7. サッポロミドリ	-4.292	-3.491	-4.680
8. 奥原早生 (HS 1号)	-3.749	-2.806	-4.144
9. 新雪緑	-3.256	-3.254	-3.979
10. 中生光黒	-5.518	-3.926	-5.481
判別境界値	-0.457	-0.371	-0.520
普通ダイズ品種			
11. イスズ	2.179	0.236	2.580
12. カリカチ	1.668	1.220	1.228
13. ヒメユタカ	4.239	2.530	4.777
14. 農林1号	3.184	3.145	3.566
15. 茨城7号	2.851	2.541	3.274
16. デワムスメ	4.493	4.875	5.421
17. 茶豆	2.112	2.615	2.407
18. 丹波黒	4.051	3.619	4.516
19. 大玉	2.107	1.035	2.287
20. 世界一	2.846	2.822	4.007
21. 黄色秋大豆	3.713	3.622	4.259
22. 鶴の子	3.622	2.643	3.753
23. 一人娘	2.484	1.092	2.437

3-4 考察

枝豆と普通ダイズ品種の未熟と完熟種子の水溶性窒素と遊離アミノ酸含量を分析し検討した結果から、7種類の遊離アミノ酸含量に品種間差異が認められた。アミノ酸含量の差異は、枝豆ダイズ品種の未熟種子段階で、タンパク合成速度が普通ダイズ品種に比べて遅いためであると推測される。枝豆ダイズ品種の未熟種子でアミノ酸の蓄積が速いことは、5群のアミノ酸のうち4群が炭素骨格構造と関連しているものと推察される (Sakurai et al., 1992)。4群はグルタミン酸群 (グルタミン酸、アルギニン)、アスパラギン酸群 (アスパラギン酸、アスパラギン)、ピルビン酸群 (アラニン)、セリン群 (セリン) であり、多くのアミノ酸を含む芳香族アミノ酸群は含まれていない。なお、アスパラギン、アスパラギン酸、グルタミン酸は茎葉から種子 (胚乳) への転流アミノ酸であり、師管部を通して転流する (Hoching, 1982 ; Jeschke et al., 1985 ; Chino et al., 1987)。

主要アミノ酸の一つであるアルギニンは種子に蓄えられる (Chou and Splittstoesser, 1972)。枝豆ダイズ品種において未熟種子のアミノ酸の蓄積が多いことは葉で合成されたアミノ酸が種子に転流されたままで、タンパク合成が遅れたためと考えられる。なお、アスパラギン、アラニン、グルタミン酸の蓄積が多いことは、これらのアミノ酸は甘味や風味と関係するアミノ酸であるので、枝豆品種において未熟種子の食味品質が高いことと関連しているといえる。

わが国には、多くの在来枝豆品種がある。これらのアミノ酸含量が高い品種は、農民が経験的に選抜してきたものである。実取りダイズと異なった枝豆品種の特性は7種類の遊離アミノ酸含量を用いた判別分析の結果によって特徴づけられる。

7種類の遊離アミノ酸のなかで、アスパラギン、アラニン、グルタミン酸のAグループ、アルギニン、セリン、ヒスチジンおよびバリンのBグループ、およびA+Bグループは判別関数から、枝豆ダイズ品種群と普通ダイズ品種群の2つの型を判別する重要なアミノ酸である。ただし、遊離アミノ酸の分析には多大の労力と費用を要する。ケルダール法による水溶性窒素の測定は多数の品種・系統を取り扱う上で簡便である。すなわち、上述のような未熟種子でのケルダール法による水溶性窒素と遊離アミノ酸含量の高い相関関係を利用すれば、多数のダイズ品種の検索と枝豆品種改良における系統選抜の簡易な指標となりえることが示唆された。

3-5 摘要

本章では、未熟種子を野菜として利用する枝豆ダイズ品種と完熟種子を納豆、味噌、醤油等として利用する普通ダイズ品種（又は種子用ダイズ）の2つの型が存在する。本研究は、枝豆ダイズ品種10品種と普通ダイズ品種13品種の未熟および完熟種子の水溶性窒素と遊離アミノ酸含量について検討した。

1991年に測定した水溶性窒素含量と1992年に測定した遊離アミノ酸含量は完熟種子に比較して、特に未熟種子段階で高い正の相関を示した。遊離アミノ酸のうち、アスパラギン、アラニン、グルタミン酸、アルギニン、セリン、ヒスチジンおよびバリンの7種類のアミノ酸は、普通ダイズ品種よりも枝豆ダイズ品種で高い含量を示した。これら7種類の遊離アミノ酸含量を用いて判別分析した結果、枝豆ダイズ品種群と普通ダイズ品種群の2つの型が判然と識別された。

一方、遊離アミノ酸の分析には多大の労力と経費を要することから、ケルダール法による水溶性の窒素の測定は多数の品種・系統を取り扱う上で簡便である。上述のような未熟種子でのケルダール法による水溶性窒素と遊離アミノ酸含量の高い相関関係を利用すれば、多数のダイズ品種の探索と枝豆品種改良における系統選抜の簡易な指標となりえることが示唆された。

第4章 枝豆ダイズと普通ダイズの播種時期を異にした場合の全糖と水溶性窒素含量の変動

4-1 緒言

普通ダイズ品種の完熟種子における含有成分の地域間による環境変動について、タンパク質含量、脂質含量、炭水化物含量、灰分含量の差異 (Taira and Taira, 1971)、カリウム、リン、マグネシウム、カルシウムの差異について報告されている (Taira and Taira, 1972a)。また、ダイズの未熟種子いわゆる枝豆については、栽培地域を異にした場合の水溶性窒素含量、アミノ酸含量、全糖含量の変動について報告されている (Yanagisawa et al., 1998)。

これまでダイズの未熟種子いわゆる枝豆の質的改良に関する研究は、Takahasi (1991)、柳澤ら (1997)、枝並 (1999) によって試みられてきた。香りに関して清水 (2000) は、枝豆を茹でる時に発生する揮発性物質の同定を試みている。登熟中の種子の細胞内には、遊離の含有物質が含まれ、これらは蔬菜の食味に関与している。また、アミノ酸は食味に関する重要な成分の一つであることも報告されている (Ofuji et al., 1983 ; 増田 1989)。

第2章、第3章では枝豆ダイズ品種と普通ダイズ品種の未熟種子が含有する全糖、水溶性窒素および遊離アミノ酸含量に普通ダイズ品種と比べ枝豆ダイズ品種で高く、遊離アミノ酸のなかでも、アスパラギン、アラニン、

グルタミン酸の含量が高い傾向がみられた。

本章においては、全糖、水溶性窒素および遊離アミノ酸含量の含有成分の変動と環境要因および遺伝的要因の関係を検討するため、枝豆ダイズ品種、普通ダイズ品種を供試し、未熟種子における水溶性窒素含量および全糖含量の播種時期の変動、および年次間の変動についても調査した。また、播種時期を異にした場合、水溶性窒素含量、全糖含量および遊離アミノ酸含量が食味にどのように影響するか検討した。

4-2 材料および方法

実験 1 : 全糖と水溶性窒素含量の測定

材料と調整

1998 年、1999 年および 2000 年の 3 年次にわたり播種時期を異にした場合の未熟種子（枝豆）の全糖と水溶性窒素含量の変動を検討した。

供試品種は枝豆ダイズ品種 4 品種（白山ダダチャ、早生ダダチャ、サッポロミドリ、中生光黒）、普通ダイズ品種 4 品種（ヒゴムスメ、ユウヅル、東北 70 号、秋田兄）の計 8 品種を用いた。各品種・各年次とも播種日は 4 月 25 日、5 月 10 日、5 月 25 日、6 月 10 日、6 月 25 日、7 月 10 日の 6 回とした。栽培は 1 区画あたり面積は 3 m × 3 m、畝幅は 80cm とし、3 反復乱塊法によった。株間は品種によって異なり、10cm から 25cm（10cm : サッポロミドリ、15cm : 早生ダダチャ、中生光黒、東北 70 号、20cm : 白山ダダチャ、ヒゴムスメ、ユウヅル、25cm : 秋田兄）とした。その他の播種、育苗、肥培管理は第 2 章に準じた。供試材料の未熟種子（枝豆）の収穫は、開花から約 30 日以降の種子を咀嚼し、種子が市販の枝豆と同等の堅さになった段階の莢を収穫し、莢から種子を取りだし、凍結乾燥、粉碎後、供試材料とした。第 2 章と同じ方法で全糖含量と水溶性窒素含量を分析した。また、収穫時に個体当たりの莢数、莢重、および主茎長の農業形質を調査した。

気象要因

気温は栽培地である山形大学農学部附属農場の気象観

測の数値を用いた。3年間の播種日ごとの定植日から収穫日までと、収穫日10日前から収穫日までの日平均気温、日最高気温、日最低気温、日較差の平均値を第4-1表および第4-2表に示した。定植期から収穫期までの、日平均気温、日最高気温、日最低気温はいずれも播種日が遅くなるにつれ高くなる傾向がみられたが、4月25日播種から5月25日播種までは気温の上昇が大きく、それ以降の播種では必ずしも大きな上昇はみられなかった。日較差は各年次全播種日を通じて1℃前後の範囲で変動し、普通ダイズ品種における定植から収穫までの日較差よりも、枝豆ダイズ品種における日較差の変動が比較的大きい傾向がみられた。また、収穫前10日から収穫までの期間の日平均気温、日最高気温、日最低気温については、4月25日播種から5月10日播種において高く、それ以降は徐々に下降していく傾向がみられた。日較差においては播種日ごとに変動し、一定のパターンはみられなかった。

実験2：アミノ酸含量の測定

2000年に播種時期を異にした場合の水溶性窒素含量、全糖含量および遊離アミノ酸含量を検討した。また、食味について官能試験をおこなった。

供試材料、栽培方法、収穫方法および全糖含量、水溶性窒素含量の分析方法は実験1の場合と同じである。遊離アミノ酸含量の分析は第3章に準じておこなった。官能試験の試料は分析用と同じ収穫適期に莢のまま採取し、生のまま冷凍庫（-40℃）で貯蔵した。官能試験は、

第4-1表 播種日ごとの定植から収穫日までの平均気温(日平均、最高、最低、日較差)

		4/25	5/10	5/25	6/10	6/25	7/10
定植から収穫まで							
日平均気温(°C)	1998	19.83	21.55	22.72	23.30	23.68	23.79
	1999	20.95	22.16	22.87	23.22	23.53	23.56
	2000	20.15	21.63	23.17	24.40	25.60	25.73
		21.16	22.43	23.59	24.33	25.23	25.39
		20.83	22.17	23.33	24.60	25.37	25.68
		21.50	22.87	23.77	24.62	25.17	24.98
最高気温(°C)	1998	24.47	25.99	26.96	27.78	28.29	28.67
	1999	25.54	26.55	27.26	27.74	28.21	28.43
	2000	25.35	26.80	28.29	29.62	30.84	30.84
		26.42	27.00	28.71	29.44	30.37	30.46
		25.42	26.84	28.02	29.52	30.62	31.10
		26.19	27.72	28.61	29.59	30.39	30.24
最低気温(°C)	1998	15.44	17.44	18.99	19.43	19.80	19.76
	1999	16.72	18.24	19.15	19.39	19.59	19.54
	2000	15.67	17.35	19.08	20.34	21.04	21.23
		16.63	18.08	19.46	20.29	20.73	20.94
		16.68	17.89	19.12	20.22	20.70	20.91
		17.27	18.48	19.43	20.21	20.53	20.33
日較差(°C)	1998	9.03	8.55	7.97	8.35	8.49	8.91
	1999	8.82	8.31	8.11	8.36	8.62	8.89
	2000	9.68	9.46	9.21	9.28	9.80	9.61
		9.80	9.57	9.24	9.15	9.63	9.52
		8.74	8.95	8.89	9.30	9.92	10.18
		8.92	9.23	9.18	9.38	9.86	9.92

上:枝豆ダイズ品種4品種の平均、下(太字):普通ダイズ品種4品種の平均を示す。

第4-2表 播種日ごとの収穫10日前から収穫までの平均気温(日平均、最高、最低、日較差)

		4/25	5/10	5/25	6/10	6/25	7/10
収穫10日前から収穫まで							
日平均気温(°C)	1998	23.14	24.93	24.27	22.95	22.32	22.90
	1999	24.18	23.51	23.62	22.24	22.20	22.12
	2000	26.51	27.24	27.10	25.46	23.93	22.83
		26.81	25.97	25.40	23.16	22.57	22.22
		25.46	25.81	26.04	25.92	25.75	24.30
		26.07	26.34	25.53	24.04	24.56	22.10
最高気温(°C)	1998	27.76	29.30	28.52	27.99	27.62	27.88
	1999	29.28	28.47	28.91	26.56	27.77	26.92
	2000	31.77	32.66	32.60	30.25	29.26	26.95
		32.21	31.33	30.34	27.35	27.18	26.82
		30.56	30.75	31.58	31.52	31.63	29.36
		31.31	32.03	30.93	28.95	29.65	26.61
最低気温(°C)	1998	19.05	21.19	20.97	18.71	17.86	18.83
	1999	20.04	19.41	19.78	18.56	17.45	18.18
	2000	22.00	22.51	22.15	21.22	19.57	19.00
		21.90	21.16	21.28	19.39	18.40	18.01
		21.10	21.43	21.14	20.83	20.39	20.11
		21.43	21.41	20.58	19.74	19.99	18.04
日較差(°C)	1998	8.71	8.11	7.55	9.29	9.77	9.05
	1999	9.24	9.06	9.14	8.01	10.32	8.74
	2000	9.77	10.15	10.45	9.04	9.70	7.95
		10.31	10.17	9.06	7.97	8.78	8.81
		9.46	9.32	10.44	10.68	11.23	9.25
		9.88	10.62	10.35	9.22	9.65	8.56

上:枝豆ダイズ品種4品種の平均、下(太字):普通ダイズ品種4品種の平均を示す。

食味（旨味、甘味）、香りについて5段階評価で、パネリストは固定とし、20代の男女6人のパネリストによっておこなった。供試品種から1サンプルずつ異なる播種日をランダムに取り、8品種、6回官能試験をおこなった。品種名および播種日についてはパネリストに通知せず評価をおこなった。材料調整は、凍結保存した試料を沸騰水にて3分間茹で、室温になるまで放置後、判定をおこなった。

食味、香り評価の基準は、5段階評価方式でおこない、評価値は1:悪い 3:やや良い 5:良いとし、2と4はそれぞれ1と3および3と5の中間の値とした。パネリスト6人の点数を合計し最高を30点、最低を6点としてその得点を用いて官能試験の評価値とした。

4-3 結果

実験 1 : 全糖と水溶性窒素含量の測定

播種時期および年次間における各品種の開花日（70%開花）と収穫日（枝豆の収穫適期）を第 4-3 表、第 4-4 表に示した。各年次において、開花日と収穫日が各品種ともに播種日の違いによる影響がみられた。4月25日播種の場合が開花から収穫までの日数がいずれの品種でも最も長く、播種日が遅くなるにつれて徐々に短く、7月10日では4月25日と比べ約20～50日短縮された。

各年次における播種時期の差異による個体当たりの莢数、莢重、および主茎長はいずれにおいても、4月25日から5月中に播種した場合に高い値を示すが、それ以降は低下し、莢数、莢重ともに7月10日播種の場合は最大値の半分まで減少した（第 4-5 表、第 4-6 表）。この3つの農業形質の分散分析では、0.1%の水準で有意差があった。主効果のうち、品種の平均平方の値が大きく、環境要因（播種日と年次）よりも遺伝的要因が変動に大きな影響を与えることが推察された（第 4-7 表）。

3年次分の枝豆ダイズ品種と普通ダイズ品種の水溶性窒素含量の変動と全糖含量の変動は、播種時期の差異にかかわらず、水溶性窒素含量は枝豆ダイズ品種が、普通ダイズ品種より高い値を示した（第 4-1 図、第 4-2 図、第 4-3 図、第 4-4 図）。ただし、ヒゴムスメは両者の中間値を示す傾向であった。全糖含量においても枝豆ダイズ品種が普通ダイズ品種より高い値を示した（第 4-5 図、第 4-6 図、第 4-7 図、第 4-8 図）。しかし、早期播種に比べ晩期

第4-3表 各播種日における品種ごとの70%開花日(開花盛期)および収穫日(枝豆ダイズ品種)

		4/25	5/10	5/25	6/10	6/25	7/10
枝豆ダイズ品種							
白山ダダチヤ	1998	7/11	7/16	7/18	7/28	8/6	8/15
		8/14	8/29	8/31	9/8	9/15	9/22
	1999	7/12	7/17	7/25	7/30	8/6	8/13
2000		8/14	8/19	8/31	9/3	9/10	9/17
		7/13	7/17	7/23	7/29	8/6	8/15
		8/11	8/15	8/20	8/28	9/5	9/16
早生ダダチヤ	1998	6/17	6/26	7/4	7/16	7/25	8/8
		7/19	7/31	8/6	8/13	8/31	9/10
	1999	6/16	6/23	7/7	7/16	7/27	8/6
2000		7/23	7/29	8/5	8/12	8/26	9/6
		6/19	6/26	7/6	7/17	7/26	8/7
		7/21	7/27	8/2	8/13	8/21	8/29
サツポロミドリ	1998	6/11	6/25	7/6	7/17	7/26	8/10
		7/20	7/31	8/11	8/27	9/8	9/22
	1999	6/12	6/21	7/5	7/14	7/26	8/4
2000		7/23	7/29	8/12	8/26	9/7	9/16
		6/17	6/24	7/1	7/13	7/26	8/6
		7/20	7/27	8/2	8/14	8/23	9/4
中生光黒	1998	6/21	7/4	7/10	7/21	7/30	8/11
		8/7	8/11	8/21	9/10	9/17	9/24
	1999	6/18	7/2	7/13	7/25	7/30	8/9
2000		8/6	8/12	8/18	8/30	9/10	9/17
		6/29	7/4	7/14	7/23	8/1	8/11
		8/2	8/8	8/14	8/23	8/29	9/13

上:開花盛期(70%開花時)、下(太字):枝豆としての適期での収穫日を示す。

第4-4表 各播種日における品種ごとの70%開花日(開花盛期)および収穫日(普通ダイズ品種)

		4/25	5/10	5/25	6/10	6/25	7/10
普通ダイズ品種							
ヒゴムスメ	1998	7/8	7/15	7/20	7/26	8/5	8/17
	1999	8/12	8/14	8/24	9/5	9/13	9/21
	2000	7/9	7/17	7/24	7/30	8/6	8/13
ユウヅル	1998	8/11	8/15	8/22	8/31	9/6	9/13
	1999	7/11	7/17	7/22	7/28	8/6	8/16
	2000	8/7	8/12	8/16	8/22	8/30	9/16
東北70号	1998	6/24	7/6	7/10	7/21	7/30	8/11
	1999	8/20	8/27	8/31	9/8	9/15	9/24
	2000	6/24	7/9	7/16	7/25	8/2	8/9
秋田兄	1998	8/18	8/30	9/3	9/7	9/16	9/24
	1999	7/1	7/6	7/17	7/25	8/4	8/10
	2000	8/13	8/21	8/30	9/12	9/19	9/25
普通ダイズ品種	1998	6/15	6/29	7/8	7/18	7/27	8/10
	1999	7/30	8/14	8/21	9/7	9/16	9/23
	2000	6/16	6/29	7/8	7/22	7/28	8/7
普通ダイズ品種	1998	8/2	8/9	8/19	9/2	9/10	9/17
	1999	6/24	6/29	7/10	7/19	7/31	8/8
	2000	7/26	8/7	8/14	8/24	9/4	9/17
普通ダイズ品種	1998	7/20	7/24	7/30	8/5	8/11	8/22
	1999	9/14	9/17	9/21	9/23	9/26	10/6
	2000	7/21	7/27	7/30	8/5	8/8	8/18
普通ダイズ品種	1998	9/2	9/7	9/13	9/21	9/24	9/28
	1999	7/21	7/26	7/29	8/6	8/11	8/21
	2000	8/23	8/31	9/7	9/13	9/20	9/30

上:開花盛期(70%開花時)、下(太字):枝豆としての適期での収穫日を示す。

第4-5表 各年次における播種日ごとの農業形質(個体あたりの莢数と莢重)

	4/25	5/10	5/25	6/10	6/25	7/10
莢数(/plant)						
全品種	1998 84.99 ± 26.56	100.10 ± 13.53	83.29 ± 13.22	83.08 ± 10.64	69.35 ± 7.89	48.24 ± 4.84
	1999 120.82 ± 36.93	112.24 ± 28.49	118.28 ± 33.25	103.90 ± 26.51	76.08 ± 15.82	58.13 ± 10.88
	2000 85.03 ± 26.99	82.29 ± 24.64	121.39 ± 31.70	91.81 ± 25.62	75.96 ± 18.89	58.46 ± 12.08
枝豆ダイズ品種	1998 42.89 ± 5.90	59.56 ± 7.13	41.72 ± 5.50	48.11 ± 5.62	44.01 ± 3.25	32.78 ± 3.15
	1999 63.36 ± 20.54	62.56 ± 16.51	56.94 ± 17.32	51.36 ± 14.92	41.53 ± 12.09	38.03 ± 6.63
	2000 45.17 ± 15.50	44.00 ± 13.76	62.97 ± 17.46	45.97 ± 11.35	41.03 ± 10.51	33.83 ± 10.07
普通ダイズ品種	1998 127.08 ± 15.94	140.64 ± 20.40	124.86 ± 13.22	118.06 ± 14.81	94.69 ± 11.53	63.69 ± 6.67
	1999 178.28 ± 61.17	161.92 ± 43.25	179.61 ± 48.50	156.44 ± 34.89	110.64 ± 15.01	78.22 ± 15.47
	2000 124.89 ± 45.83	120.58 ± 40.82	179.81 ± 45.93	137.64 ± 39.17	110.89 ± 27.22	83.08 ± 13.23
莢重(g/plant)						
全品種	1998 144.24 ± 25.24	193.80 ± 22.54	142.06 ± 20.02	150.20 ± 18.31	130.37 ± 9.94	84.56 ± 6.28
	1999 189.86 ± 41.61	180.07 ± 37.13	190.51 ± 45.82	176.96 ± 40.08	133.72 ± 23.24	99.79 ± 22.08
	2000 131.26 ± 31.43	125.38 ± 32.44	192.09 ± 46.05	152.16 ± 37.73	130.04 ± 30.09	100.49 ± 19.01
枝豆ダイズ品種	1998 74.56 ± 10.75	138.14 ± 17.98	86.80 ± 12.56	99.24 ± 13.28	101.57 ± 8.55	68.39 ± 6.44
	1999 126.86 ± 33.66	116.36 ± 28.19	112.89 ± 36.09	97.50 ± 27.85	85.21 ± 24.61	75.96 ± 10.31
	2000 86.44 ± 23.62	79.28 ± 20.22	112.11 ± 26.74	89.15 ± 21.57	79.23 ± 20.04	63.29 ± 18.64
普通ダイズ品種	1998 213.92 ± 40.82	249.46 ± 35.18	197.31 ± 20.02	201.16 ± 27.45	159.16 ± 13.77	100.73 ± 8.71
	1999 252.85 ± 65.58	243.79 ± 54.15	268.12 ± 66.94	256.42 ± 50.11	182.23 ± 18.62	123.61 ± 14.43
	2000 176.07 ± 52.09	171.48 ± 55.55	272.08 ± 70.13	215.16 ± 59.43	180.84 ± 45.85	137.69 ± 20.40

数値は平均±標準誤差を表す

第4-6表 各年次における播種日ごとの農業形質(主茎長の平均)

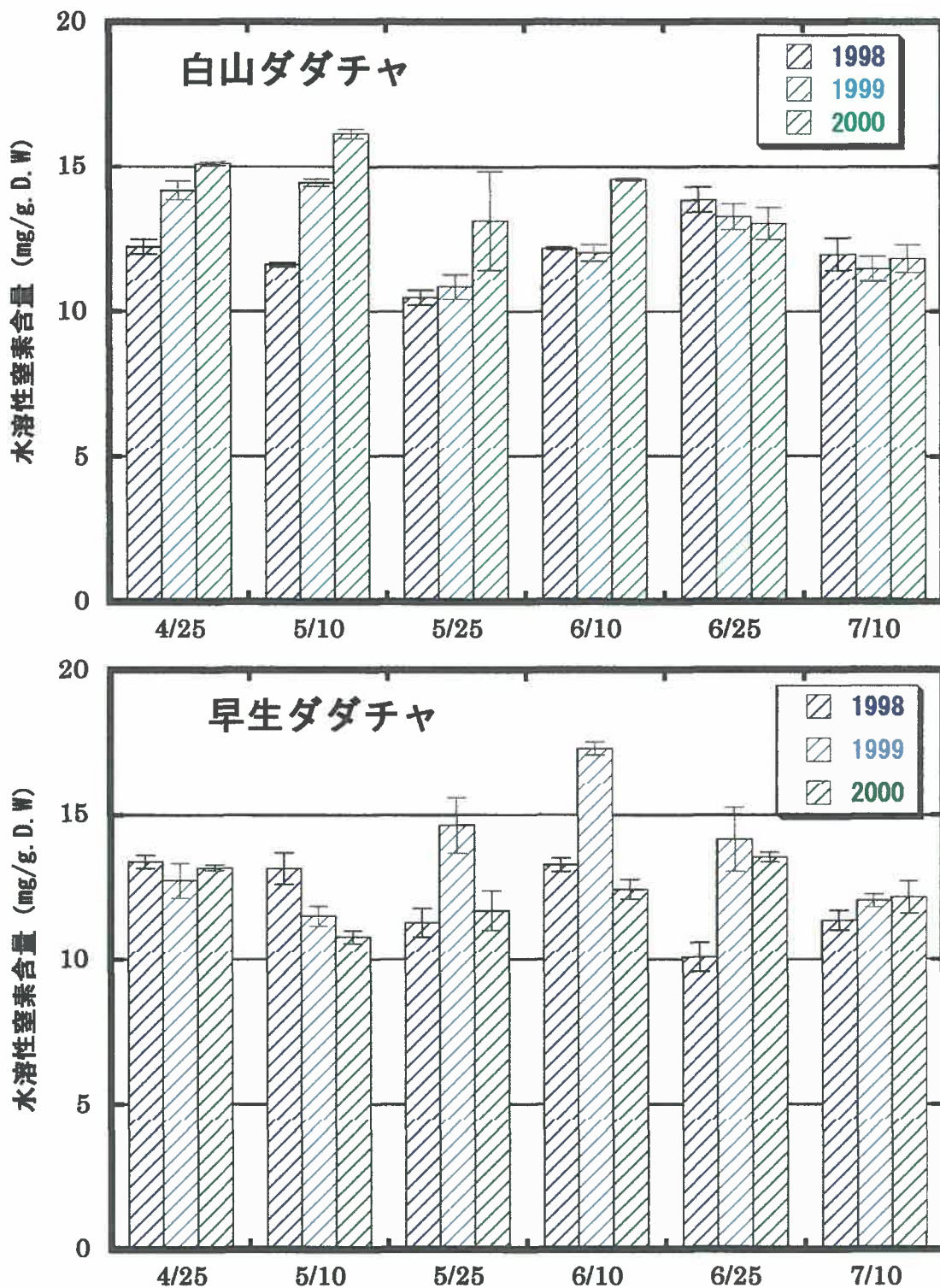
	4/25	5/10	5/25	6/10	6/25	7/10
主茎長(cm)						
全品種						
1998	43.64 ± 4.53	54.18 ± 4.15	46.54 ± 3.26	38.07 ± 2.98	36.37 ± 2.98	35.49 ± 1.74
1999	49.54 ± 7.94	53.95 ± 9.34	50.50 ± 7.44	49.88 ± 5.99	39.73 ± 4.24	30.03 ± 2.51
2000	47.90 ± 9.09	41.79 ± 8.42	51.96 ± 8.08	44.46 ± 5.09	41.29 ± 4.46	34.31 ± 3.51
枝豆ダイズ品種						
1998	36.22 ± 5.80	46.58 ± 5.68	39.78 ± 3.50	32.66 ± 2.98	32.23 ± 2.55	30.80 ± 1.76
1999	41.11 ± 10.68	44.58 ± 13.62	42.13 ± 10.77	40.96 ± 7.42	34.95 ± 5.06	26.84 ± 2.82
2000	40.00 ± 12.79	33.30 ± 12.13	41.98 ± 11.67	38.85 ± 6.09	36.66 ± 5.58	29.93 ± 3.39
普通ダイズ品種						
1998	51.06 ± 6.50	61.78 ± 5.40	53.31 ± 3.26	43.48 ± 4.74	41.50 ± 5.07	40.18 ± 2.37
1999	57.96 ± 11.54	63.31 ± 12.76	58.87 ± 9.77	58.79 ± 7.71	44.51 ± 6.55	33.21 ± 3.84
2000	55.79 ± 13.45	50.29 ± 11.65	61.94 ± 10.11	50.06 ± 7.92	45.93 ± 6.89	38.69 ± 5.76

数値は平均±標準誤差を表す

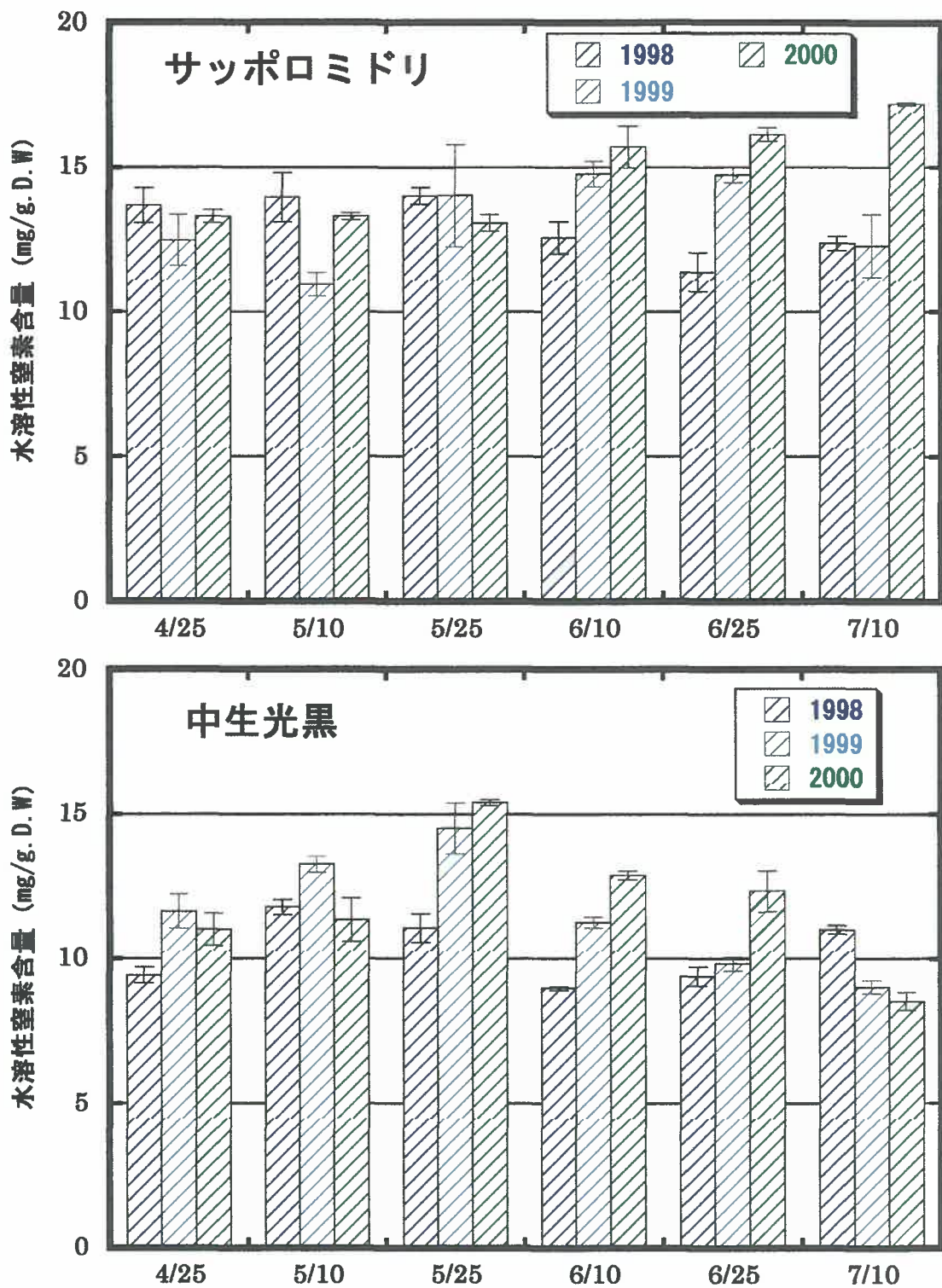
第4-7表 播種時期と年次および品種における農業形質
(英数・英重・主茎長)の分散分析

		自由度	平均平方	
英数 (/plant)	播種日 (A)	5	27127.797	***
	年次 (B)	2	14723.645	***
	品種 (C)	7	215459.831	***
	A×B	10	3113.756	***
	A×C	35	5222.761	***
	B×C	14	2433.478	***
	A×B×C	70	366.392	*
	誤差	288	271.135	
英重 (/plant)	播種日 (A)	5	62463.950	***
	年次 (B)	2	23629.883	***
	品種 (C)	7	422375.823	***
	A×B	10	11469.139	***
	A×C	35	10454.013	***
	B×C	14	4245.468	***
	A×B×C	70	1539.386	**
	誤差	288	812.470	
主茎長 (cm)	播種日 (A)	5	3103.320	***
	年次 (B)	2	381.230	***
	品種 (C)	7	15461.357	***
	A×B	10	484.095	***
	A×C	35	412.259	***
	B×C	14	84.037	***
	A×B×C	70	58.995	***
	誤差	288	15.717	

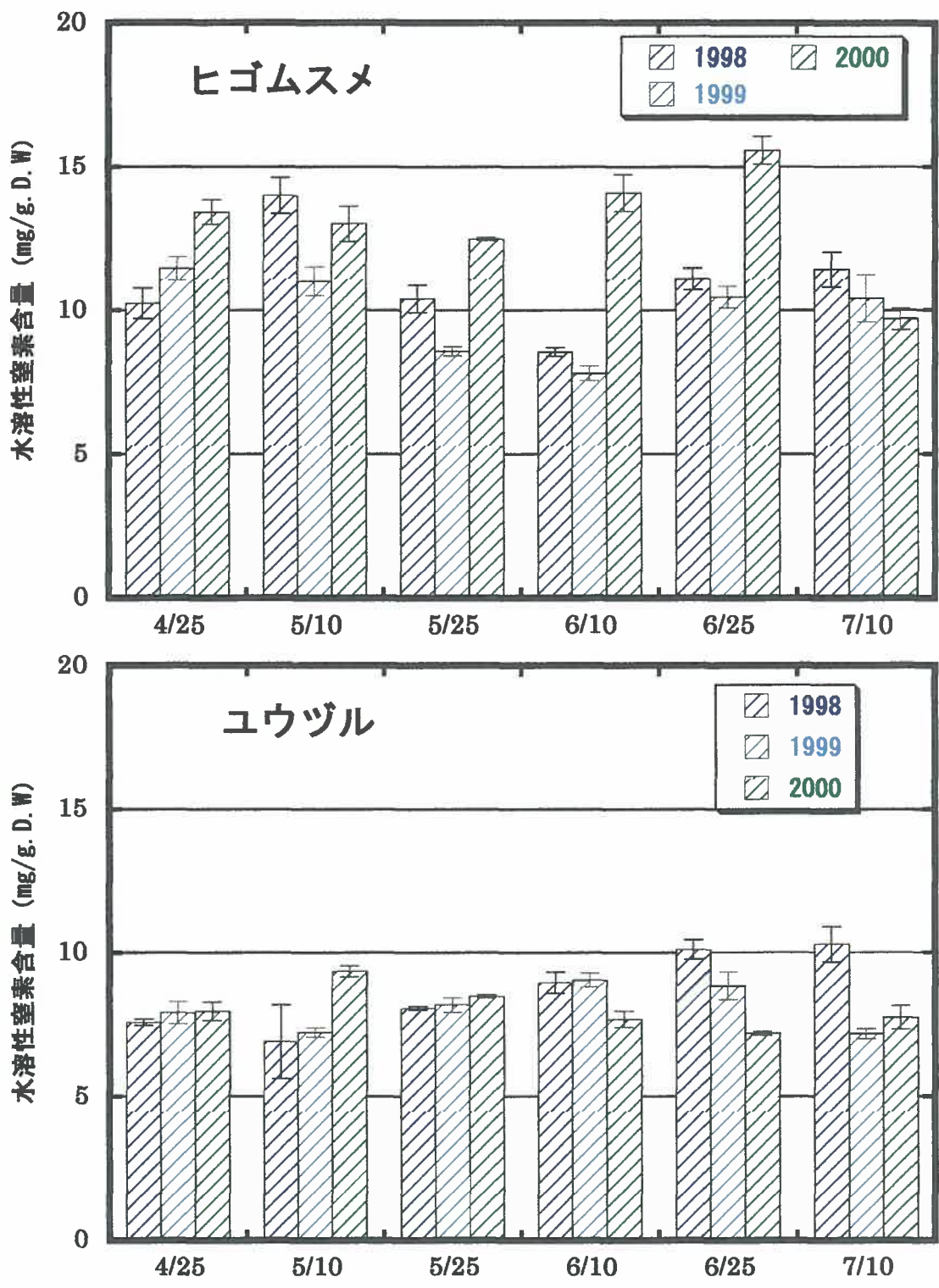
***、**、* : それぞれ0.1%、1%、5%水準で有意



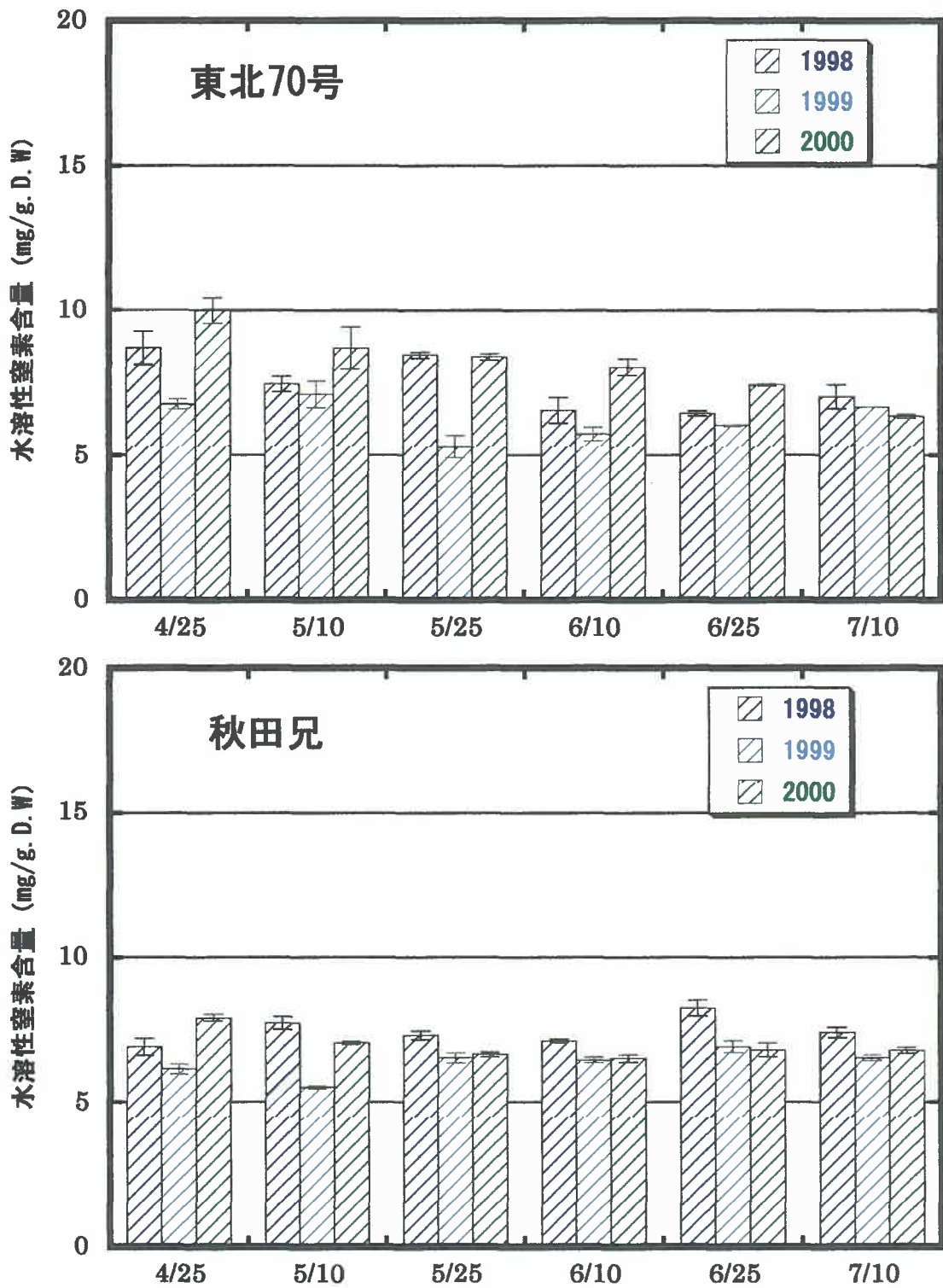
第4-1図 播種時期および年次間における
白山ダダチャと早生ダダチャの
水溶性窒素含量の変動



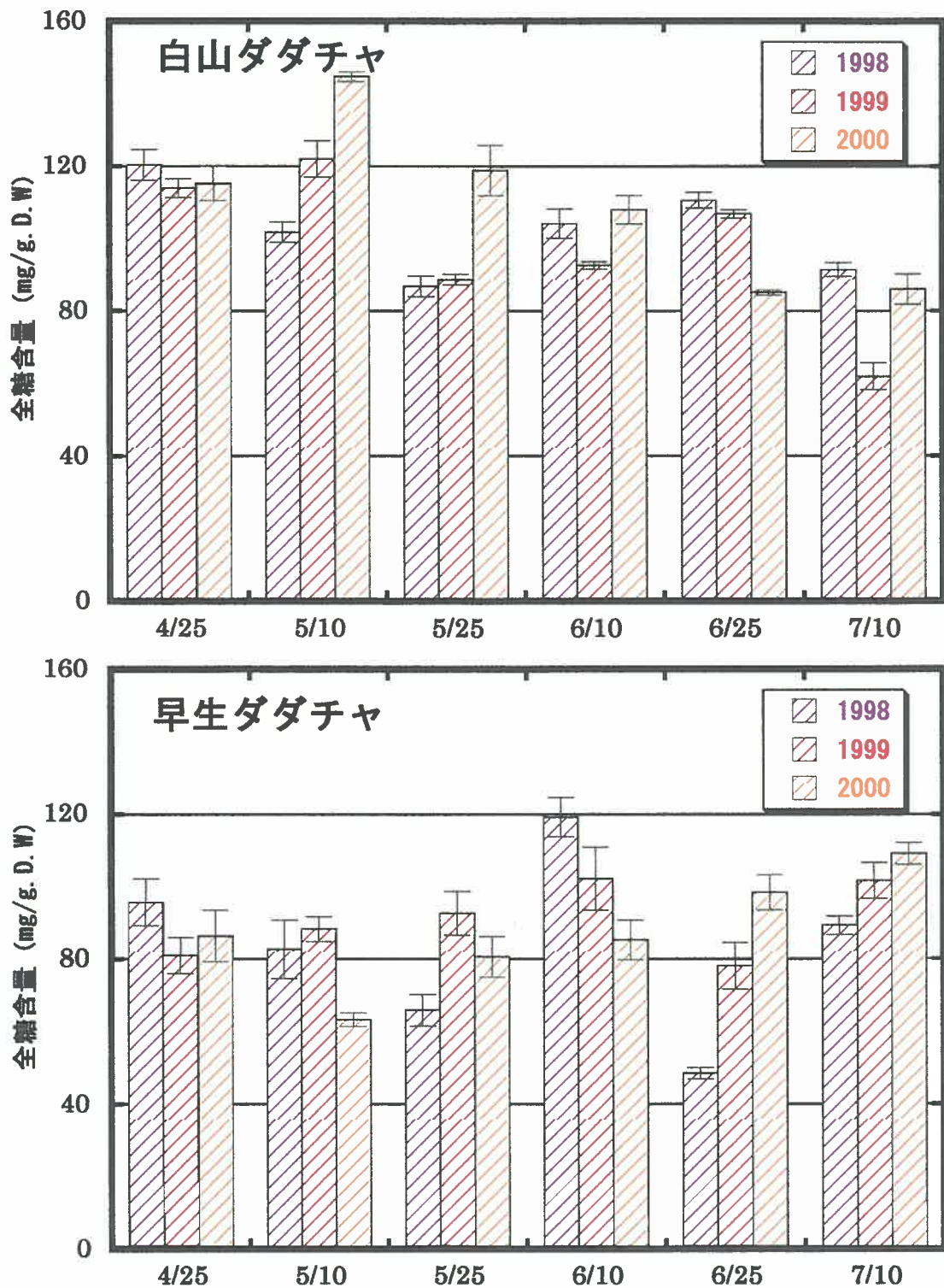
第4-2図 播種時期および年次間におけるサッポロミドリと中生光黒の水溶性窒素含量の変動



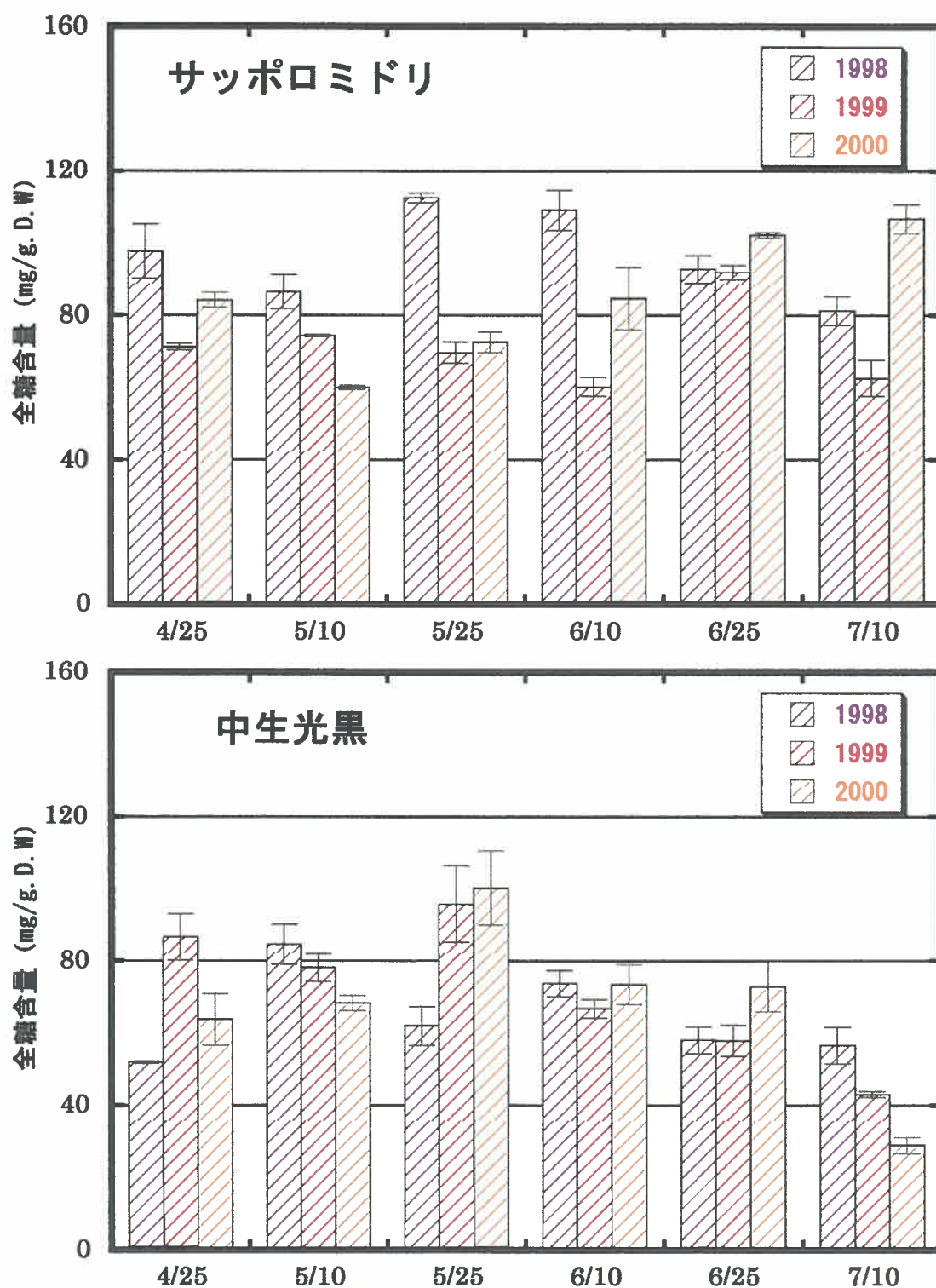
第4-3図 播種時期および年次間におけるヒゴムスメとユウヅルの水溶性窒素含量の変動



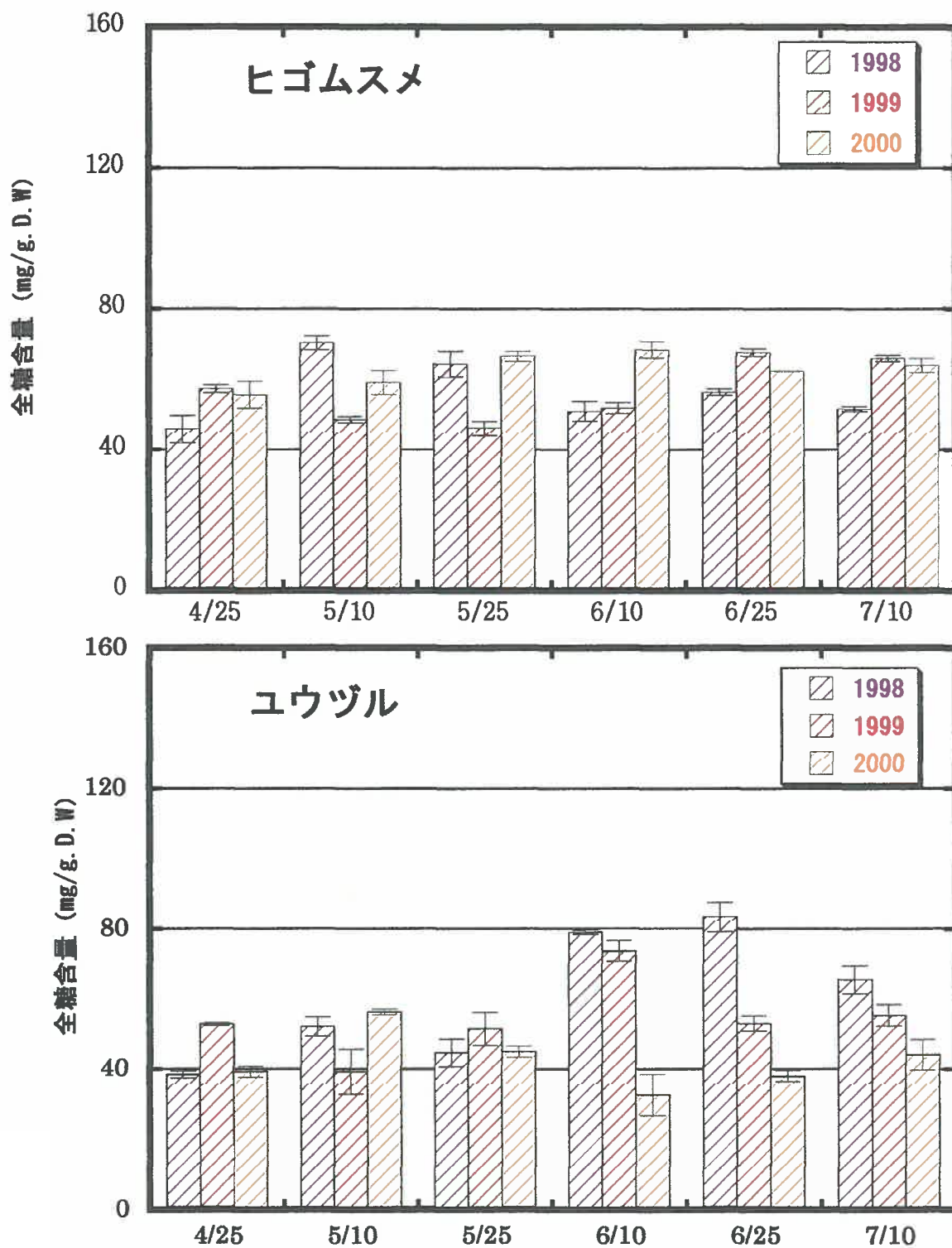
第4-4図 播種時期および年次間における東北70号と秋田兄の水溶性窒素含量の変動



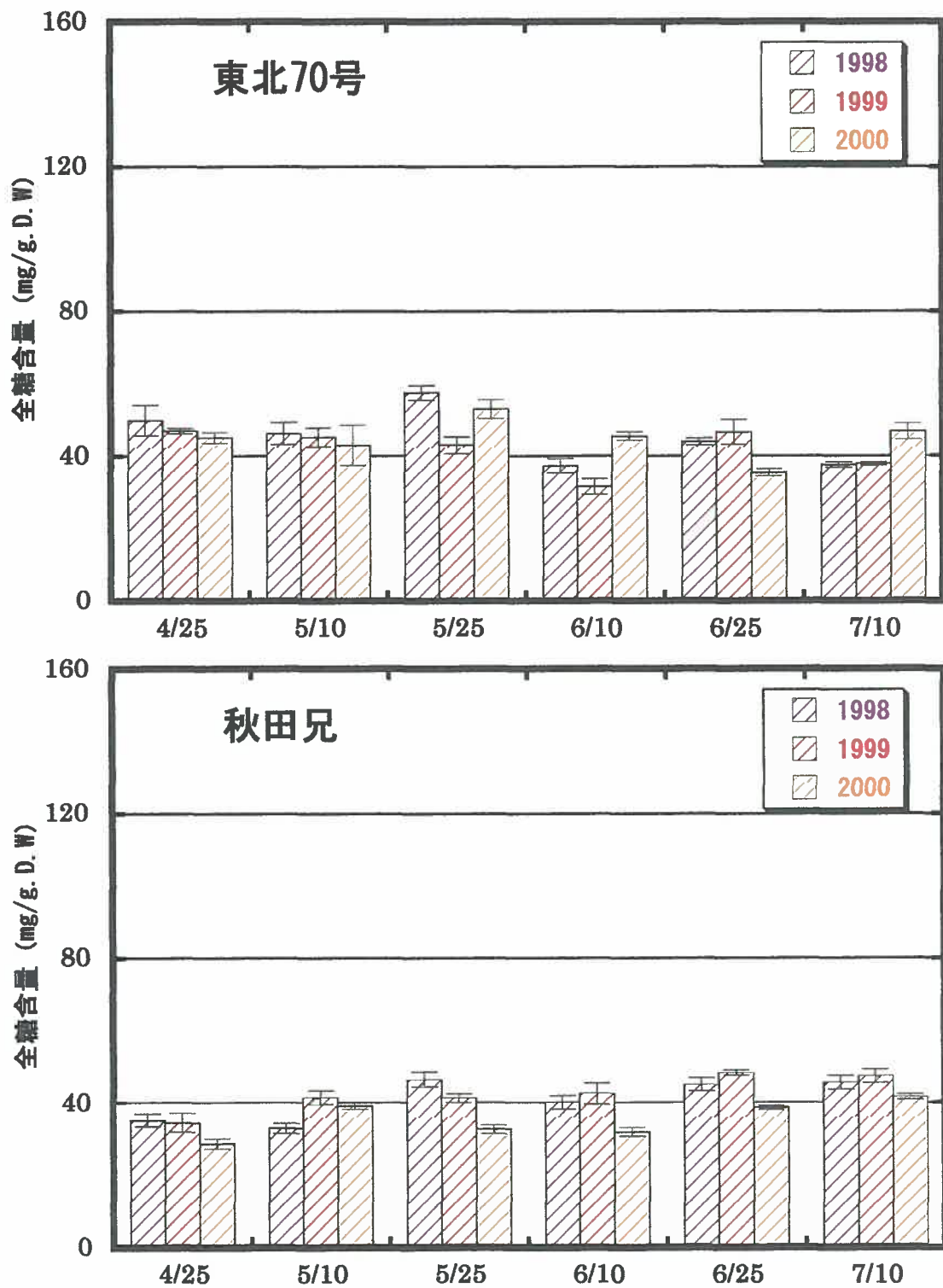
第4-5図 播種時期および年次間における
白山ダダチャと早生ダダチャの
全糖含量の変動



第4-6図 播種時期および年次間におけるサッポロミドリと中生光黒の全糖含量の変動



第4-7図 播種時期および年次間におけるヒゴムスメとユウズルの全糖含量の変動



第4-8図 播種時期および年次間における東北70号と秋田兄の全糖含量の変動

播種になるのに従い枝豆ダイズ品種と普通ダイズ品種間の差異は小さくなる傾向がみられた。また、分散分析の結果、水溶性窒素含量および全糖含量のいずれも、平均平方の値は、全品種で見ると播種日<年次<品種の順で高く、いずれも有意差があった（第 4-8 表）。枝豆ダイズ品種と普通ダイズ品種ごとに分散分析した結果、主効果のうち品種の効果が大きい結果がえられた（第 4-9 表）。

実験 2：遊離アミノ酸含量の測定

全遊離アミノ酸中、食味に影響する呈味性のアミノ酸といわれるアスパラギン酸（ASP）、グルタミン酸（GLU）、アスパラギン（ASN）、グルタミン（GLN）、アラニン（ALA）のうちでアスパラギン（ASN）、グルタミン酸（GLU）、アラニン（ALA）値は 2 桁の水準にあり、必須アミノ酸のスレオニン（THR）、バリン（VAL）、メチオニン（MET）、イソロイシン（ILE）、ロイシン（LEU）、フェニルアラニン（PHE）、リジン（LYS）の値は 1 桁の水準にあった（第 4-10 表、第 4-11 表、第 4-12 表、第 4-13 表）。全遊離アミノ酸含量の合計を枝豆ダイズ品種と普通ダイズ品種とで比較すると、枝豆ダイズ品種は普通ダイズ品種の 2 倍近い値を示した（第 4-13 表）。

各播種時期において、枝豆ダイズ品種は普通ダイズ品種よりも、食味および香りの両方で高い評価の傾向がみられた。なお、各播種時期における各品種の食味および香りの評価はいずれも白山ダダチャが明らかに高い値を示した（第 4-9 図）。

第4-8表 播種時期間、年次間および品種間における水溶性窒素含量と全糖含量の分散分析(mg/g.D.W)

全品種	水溶性窒素含量		全糖含量	
	自由度	平均平方	自由度	平均平方
播種日 (A)	5	6.501 ***	5	303.442 ***
年次 (B)	2	39.559 ***	2	336.396 ***
品種 (C)	7	386.837 ***	7	27741.690 ***
A × B	10	4.057 ***	10	250.550 ***
A × C	35	7.159 ***	35	893.380 ***
B × C	14	12.941 ***	14	803.915 ***
A × B × C	70	5.216 ***	70	488.069 ***
誤差	288	0.660	288	43.066

***、**は0.1および1%水準で有意

第4-9表 播種時期間、年次間および品種間における水溶性窒素含量と全糖含量の分散分析(mg/g.D.W)

	水溶性窒素含量			全糖含量		
	自由度	平均平方	自由度	平均平方	自由度	平均平方
枝豆サイズ品種						
播種日 (A)	5	7.726 ***	5	888.343 ***		
年次 (B)	2	36.362 ***	2	449.335 **		
品種 (C)	3	55.235 ***	3	11289.353 ***		
A × B	10	4.354 ***	10	551.325 ***		
A × C	15	10.612 ***	15	1584.735 ***		
B × C	6	8.389 ***	6	1155.561 ***		
A × B × C	30	7.025 ***	30	727.797 ***		
誤差	144	0.897	144	65.981		
普通サイズ品種						
播種日 (A)	5	4.272 **	5	234.841 ***		
年次 (B)	2	36.761 ***	2	362.936 ***		
品種 (C)	3	215.724 ***	3	3838.923 ***		
A × B	10	3.641 ***	10	178.426 ***		
A × C	15	4.260 ***	15	226.570 ***		
B × C	6	10.619 ***	6	561.615 ***		
A × B × C	30	3.833 ***	30	251.298 ***		
誤差	144	0.423	144	20.152		

***、**は0.1および1%水準で有意

第4-10表 各播種日における全品種、枝豆ダイズ品種および普通ダイズ品種の遊離アミノ酸(ASP、GLU、ASN、SER、GLN)含量($\mu\text{mol/g.D.W}$)

	播種日	ASP	GLU	ASN	SER	GLN
全品種	4月25日	2.67±0.40	15.17±1.83	43.40±3.88	6.03±0.50	8.60±1.28
	5月10日	3.33±0.39	17.58±2.06	42.39±4.59	5.27±0.68	7.09±1.03
	5月25日	3.07±0.29	17.73±1.86	42.36±3.82	5.82±0.89	8.35±1.43
	6月10日	3.03±0.25	16.15±1.04	38.14±2.88	7.39±0.50	8.40±0.84
	6月25日	3.00±0.20	18.38±1.11	37.35±3.02	7.88±0.78	8.18±1.00
	7月10日	2.95±0.22	14.27±1.74	31.78±2.93	6.37±0.95	7.23±0.74
	枝豆ダイズ品種	4月25日	2.69±0.61	14.58±2.88	59.02±4.82	8.27±0.68
5月10日		3.17±0.35	17.39±1.93	55.57±4.29	6.97±0.74	8.33±1.01
5月25日		3.58±0.28	21.32±1.97	60.80±4.25	8.56±1.34	12.12±2.41
6月10日		3.90±0.25	18.54±0.82	58.93±2.54	11.90±0.72	11.99±1.04
6月25日		3.60±0.24	22.01±1.45	53.94±3.78	12.15±1.09	10.34±1.42
7月10日		3.90±0.25	14.89±2.00	44.89±3.33	9.28±1.48	10.00±1.15
普通ダイズ品種		4月25日	2.65±0.18	15.75±0.79	27.79±2.94	3.80±0.32
	5月10日	3.49±0.43	17.78±2.19	29.20±4.88	3.58±0.63	5.85±1.05
	5月25日	2.57±0.29	14.13±1.75	23.92±3.39	3.08±0.45	4.58±0.46
	6月10日	2.15±0.25	13.77±1.26	17.35±3.22	2.88±0.29	4.80±0.65
	6月25日	2.39±0.15	14.76±0.77	20.76±2.26	3.61±0.46	6.02±0.57
	7月10日	2.00±0.18	13.65±1.48	18.67±2.52	3.45±0.41	4.46±0.33

数値は平均±標準誤差を表す

第4-11表 各播種日における全品種、枝豆ダイズ品種および普通ダイズ品種の遊離アミノ酸(GLY、HIS、ARG、THR、ALA)含量($\mu\text{mol/g.D.W}$)

	播種日	GLY	HIS	ARG	THR	ALA
全品種	4月25日	5.53 \pm 0.39	21.48 \pm 1.27	7.19 \pm 1.27	3.02 \pm 0.22	33.34 \pm 2.15
	5月10日	4.90 \pm 0.65	20.38 \pm 2.44	6.19 \pm 0.93	2.73 \pm 0.36	30.48 \pm 3.07
	5月25日	5.47 \pm 0.96	19.97 \pm 2.93	6.61 \pm 0.77	2.92 \pm 0.25	32.95 \pm 4.09
	6月10日	6.32 \pm 0.44	18.64 \pm 0.78	5.90 \pm 0.50	3.14 \pm 0.25	33.64 \pm 1.34
	6月25日	6.84 \pm 0.62	16.78 \pm 1.29	6.24 \pm 0.70	3.07 \pm 0.27	34.52 \pm 2.5
	7月10日	5.18 \pm 0.42	14.21 \pm 1.39	6.93 \pm 0.49	3.39 \pm 0.16	27.51 \pm 2.44
	枝豆ダイズ品種	4月25日	7.48 \pm 0.51	26.95 \pm 1.08	8.06 \pm 1.49	3.83 \pm 0.27
5月10日		6.69 \pm 0.65	26.89 \pm 2.70	7.72 \pm 1.27	3.46 \pm 0.43	41.71 \pm 1.85
5月25日		8.18 \pm 1.47	27.37 \pm 4.17	9.50 \pm 1.16	3.77 \pm 0.30	51.37 \pm 4.10
6月10日		9.98 \pm 0.58	26.93 \pm 0.88	9.10 \pm 0.76	4.34 \pm 0.33	51.60 \pm 1.36
6月25日		10.67 \pm 0.90	22.76 \pm 1.78	9.23 \pm 0.92	3.81 \pm 0.34	50.59 \pm 2.86
7月10日		7.57 \pm 0.48	19.92 \pm 1.83	8.53 \pm 0.50	4.04 \pm 0.20	39.59 \pm 2.90
普通ダイズ品種		4月25日	3.59 \pm 0.28	16.02 \pm 1.46	5.89 \pm 0.94	2.22 \pm 0.16
	5月10日	3.11 \pm 0.66	13.88 \pm 2.18	4.66 \pm 0.67	2.01 \pm 0.29	19.26 \pm 4.30
	5月25日	2.75 \pm 0.45	12.56 \pm 1.68	3.72 \pm 0.39	2.06 \pm 0.20	14.54 \pm 4.08
	6月10日	2.67 \pm 0.30	10.34 \pm 0.68	2.70 \pm 0.23	1.94 \pm 0.16	15.69 \pm 1.31
	6月25日	3.01 \pm 0.33	10.80 \pm 0.79	4.00 \pm 0.49	2.33 \pm 0.20	18.45 \pm 2.44
	7月10日	2.80 \pm 0.35	8.50 \pm 0.94	4.54 \pm 0.048	2.74 \pm 0.13	15.44 \pm 1.98

数値は平均 \pm 標準誤差を表す

第4-12表 各播種日における全品種、枝豆ダイズ品種および普通ダイズ品種の遊離アミノ酸(PRO、TYR、VAL、MET、CYS)含量($\mu\text{mol/g.D.W}$)

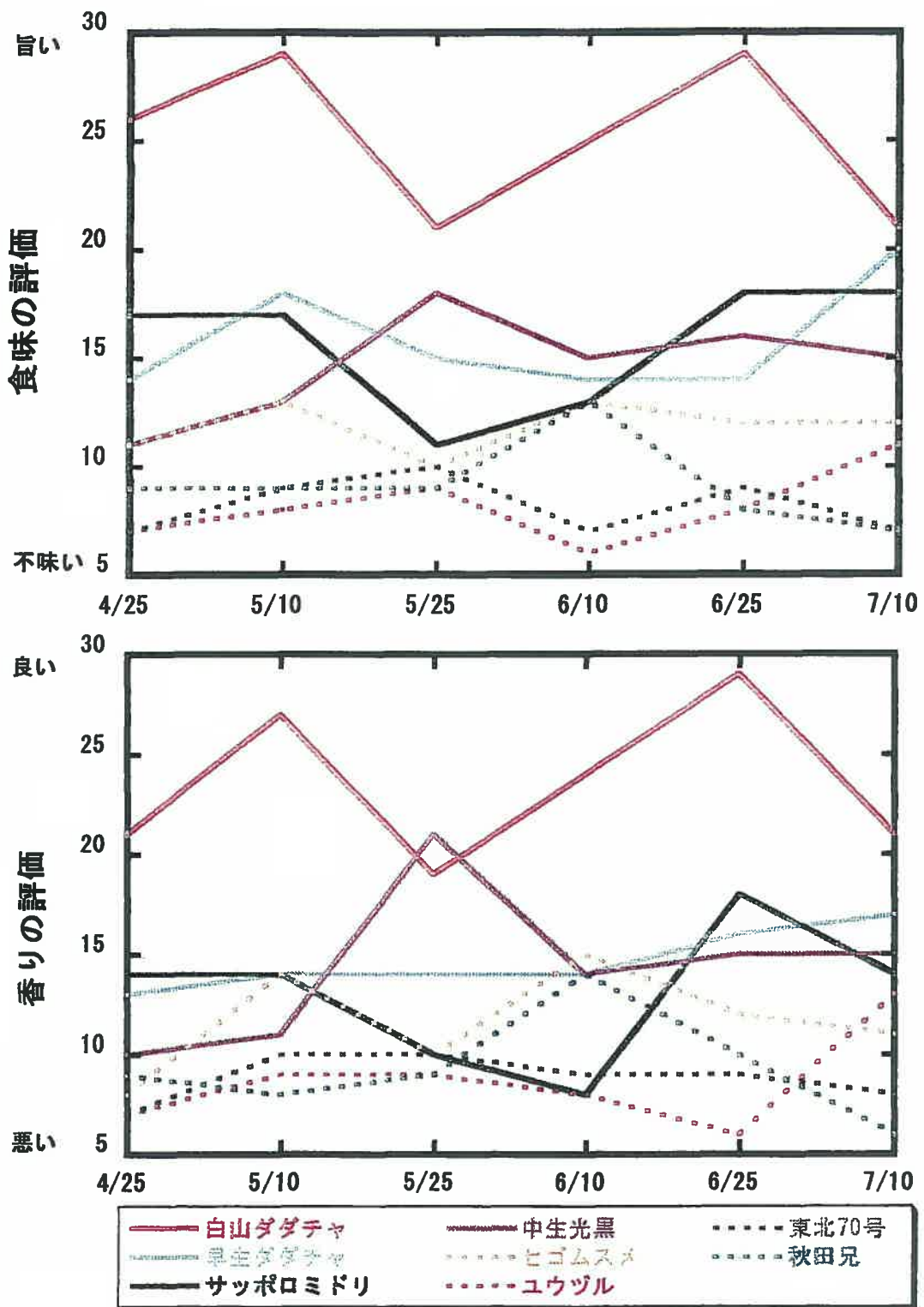
	播種日	PRO	TYR	VAL	MET	CYS
全品種	4月25日	7.62±0.43	3.03±0.18	5.67±0.28	4.62±0.36	0.56±0.04
	5月10日	7.39±1.06	2.73±0.23	5.09±0.80	3.99±0.55	0.54±0.06
	5月25日	8.29±1.32	3.07±0.33	5.35±0.51	4.96±0.73	0.62±0.05
	6月10日	7.37±0.59	2.57±0.08	5.35±0.19	5.54±0.24	0.56±0.03
	6月25日	7.05±0.61	2.47±0.31	5.29±0.43	5.65±0.52	0.59±0.05
	7月10日	6.66±0.44	2.52±0.26	5.72±0.39	4.29±0.40	0.59±0.04
	枝豆ダイズ品種	4月25日	8.33±0.44	3.39±0.22	7.01±0.33	6.06±0.48
5月10日		8.71±1.50	3.46±0.28	6.74±1.09	5.30±0.68	0.67±0.07
5月25日		9.99±2.01	3.82±0.52	7.37±0.80	7.32±1.17	0.72±0.06
6月10日		8.90±0.56	2.91±0.07	7.58±0.20	8.66±0.27	0.62±0.03
6月25日		8.09±0.85	2.46±0.21	6.57±0.38	8.39±0.81	0.63±0.04
7月10日		6.43±0.36	2.46±0.16	6.31±0.36	5.84±0.62	0.61±0.03
普通ダイズ品種		4月25日	6.90±0.41	2.67±0.14	4.34±0.24	3.17±0.25
	5月10日	6.08±0.62	1.99±0.18	3.43±0.52	2.68±0.43	0.42±0.06
	5月25日	6.60±0.63	2.31±0.14	3.33±0.22	2.60±0.28	0.52±0.04
	6月10日	5.83±0.61	2.23±0.09	3.12±0.18	2.41±0.21	0.50±0.03
	6月25日	6.02±0.37	2.48±0.42	4.00±0.48	2.92±0.24	0.55±0.05
	7月10日	6.89±0.52	2.59±0.37	5.13±0.42	2.74±0.18	0.57±0.04

数値は平均±標準誤差を表す

第4-13表 各播種日における全品種、枝豆サイズ品種および普通サイズ品種の遊離アミノ酸(ILE、LEU、PHE、LYS)含量(μ mol/g.D.W)

播種日	ILE	LEU	PHE	LYS	Total
全品種					
4月25日	2.99±0.20	3.47±0.20	2.66±0.16	0.62±0.16	174.97±2.64
5月10日	2.79±0.51	3.24±0.43	2.30±0.28	0.58±0.28	167.45±2.56
5月25日	2.91±0.28	3.32±0.26	2.47±0.19	0.54±0.19	175.10±2.59
6月10日	2.96±0.15	3.56±0.14	2.56±0.10	0.46±0.10	170.19±2.43
6月25日	3.16±0.32	3.75±0.32	2.54±0.19	0.46±0.19	172.44±2.42
7月10日	3.99±0.36	5.01±0.35	2.92±0.21	0.45±0.21	149.37±1.95
枝豆サイズ品種					
4月25日	3.65±0.27	3.78±0.23	3.00±0.21	0.84±0.21	221.93±3.59
5月10日	3.75±0.76	3.93±0.54	2.82±0.33	0.80±0.33	212.13±3.37
5月25日	3.84±0.43	3.83±0.36	2.95±0.28	0.71±0.28	244.71±3.82
6月10日	4.04±0.20	4.51±0.14	3.18±0.08	0.62±0.08	245.94±3.72
6月25日	3.77±0.28	4.02±0.28	2.81±0.23	0.58±0.23	234.13±3.52
7月10日	4.18±0.32	5.18±0.30	3.08±0.24	0.55±0.24	195.08±2.80
普通サイズ品種					
4月25日	2.33±0.12	3.15±0.17	2.33±0.11	0.40±0.11	128.01±1.74
5月10日	1.83±0.27	2.55±0.32	1.78±0.24	0.36±0.24	122.76±1.79
5月25日	1.97±0.14	2.81±0.16	1.98±0.11	0.38±0.11	105.49±1.42
6月10日	1.89±0.11	2.60±0.13	1.93±0.12	0.30±0.12	94.44±1.20
6月25日	2.55±0.36	3.49±0.35	2.26±0.16	0.34±0.16	110.75±1.36
7月10日	3.81±0.39	4.85±0.40	2.76±0.19	0.35±0.19	103.67±1.16

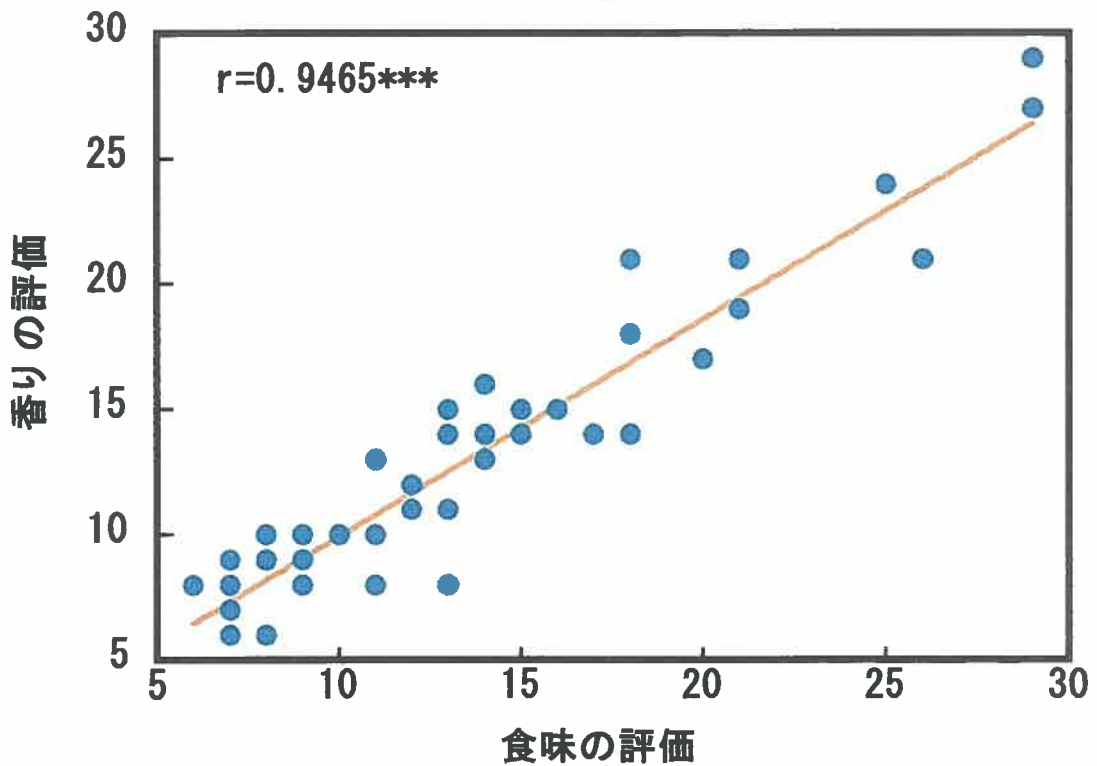
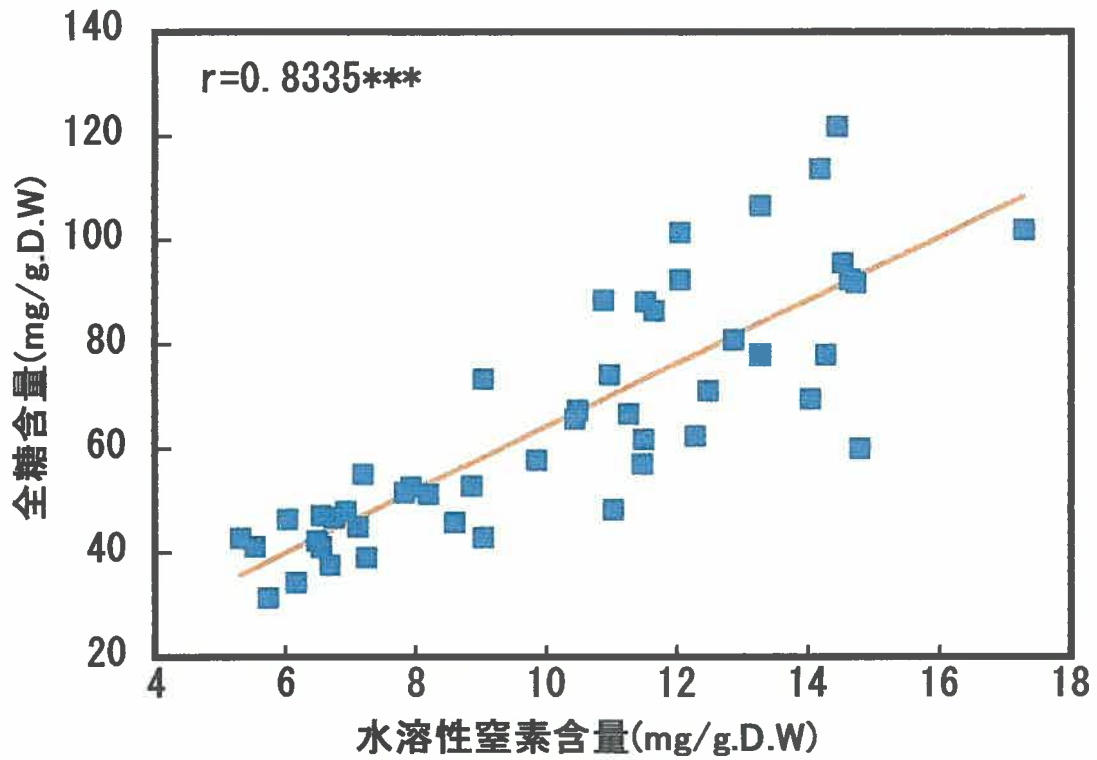
数値は平均±標準誤差を表す



第4-9図 各品種における播種日の違いによる食味と香りの評価の変動

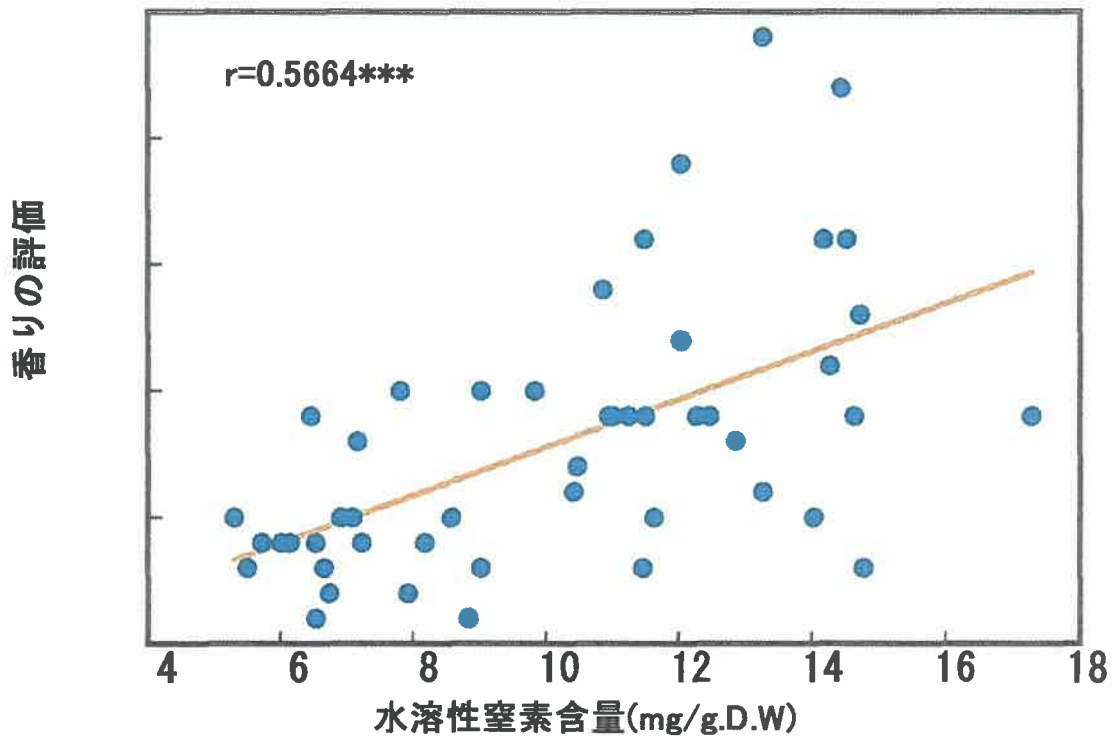
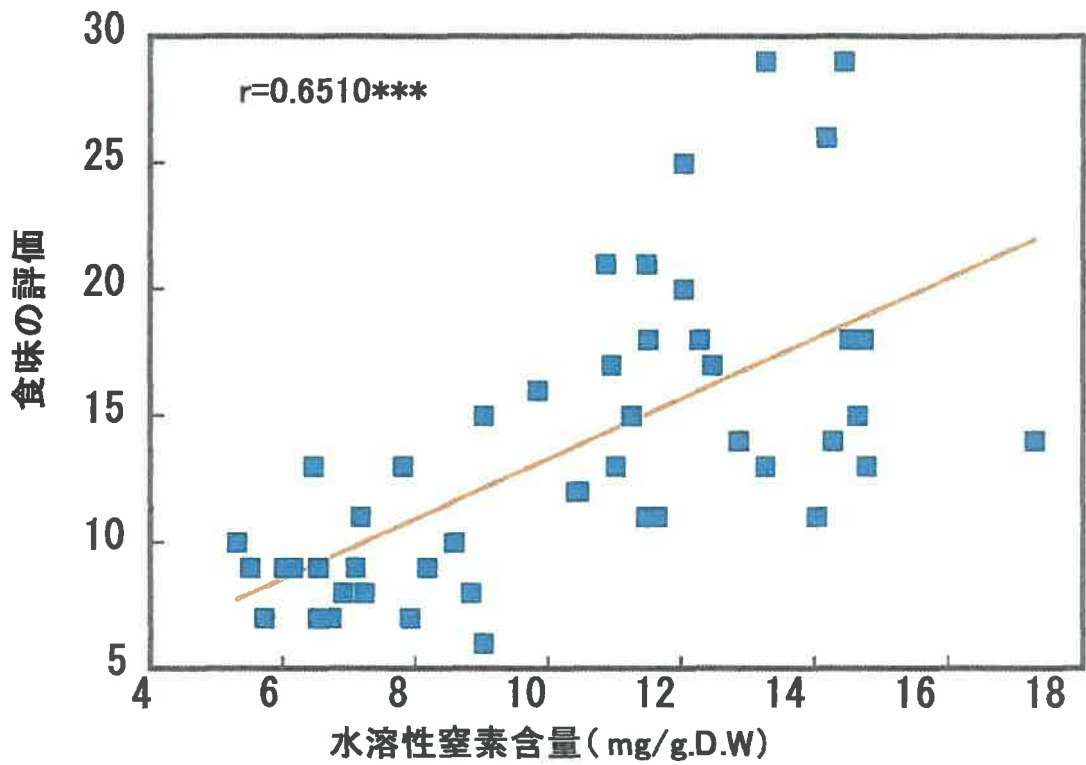
水溶性窒素含量と全糖含量、および食味の評価と香りの評価の相関は両方ともに 0.1 % 水準で有意な高い正の相関を示した (第 4-10 図)。水溶性窒素含量と食味および香りの評価の相関 (第 4-11 図) と、全糖含量と食味および香りの評価の相関 (第 4-12 図) を示し、水溶性窒素含量と全糖含量ともに食味および香りの評価とは 0.1 % 水準で有意な正の相関がみられた。また、全遊離アミノ酸含量と食味および香りの評価との間、および、呈味性の遊離アミノ酸 (ASP、GLU、ASN、GLN、ALA) 含量と食味および香りの評価との間で有意な正の相関がみられた (第 4-13 図、第 4-14 図、第 4-15 図)。

全品種、枝豆ダイズ品種および普通ダイズ品種の各播種期における含有成分と食味および香りの評価の相関係数をまとめて第 4-14 表、第 4-15 表に示した。全品種ではほぼすべての含有成分と食味および香りの評価の間に 0.1 ~ 1 % 水準で有意な正の相関がみられた。また、枝豆ダイズ品種では、グルタミン酸 (GLU) 含量と食味および香りの評価の間に正の相関がみられた。さらに、全品種、枝豆ダイズ品種および普通ダイズ品種において、それぞれ $r = 0.947$ 、 $r = 0.928$ および $r = 0.849$ と、食味と香りに極めて高い正の相関がみられた。



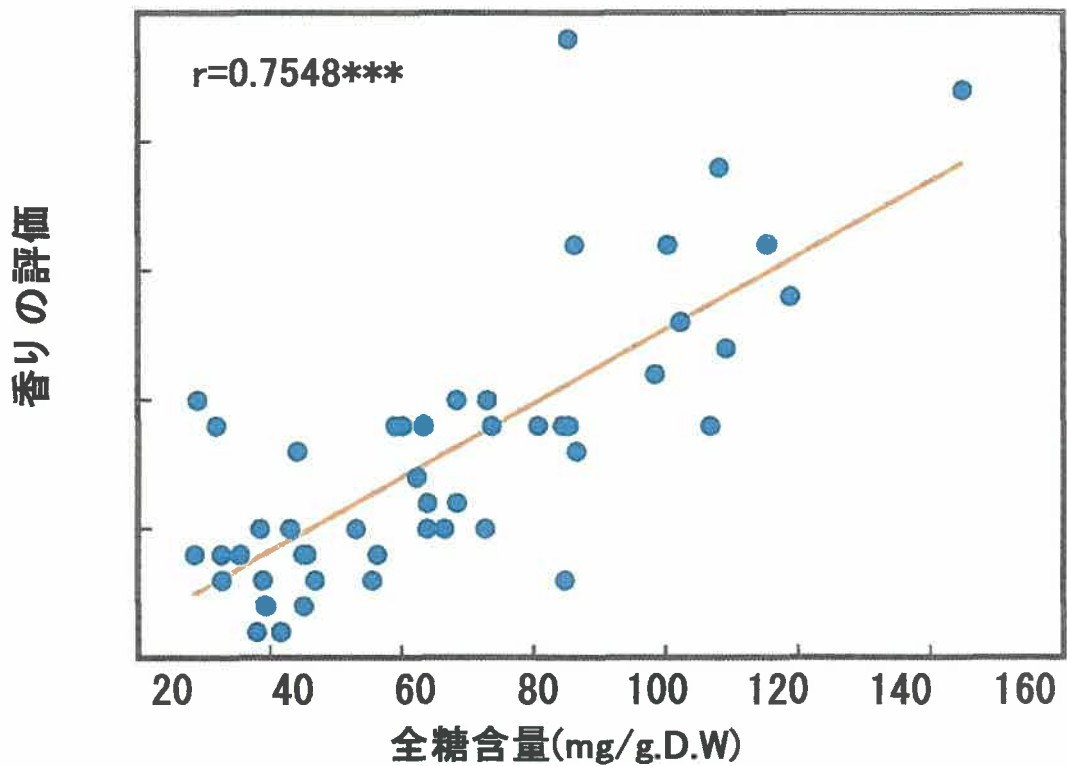
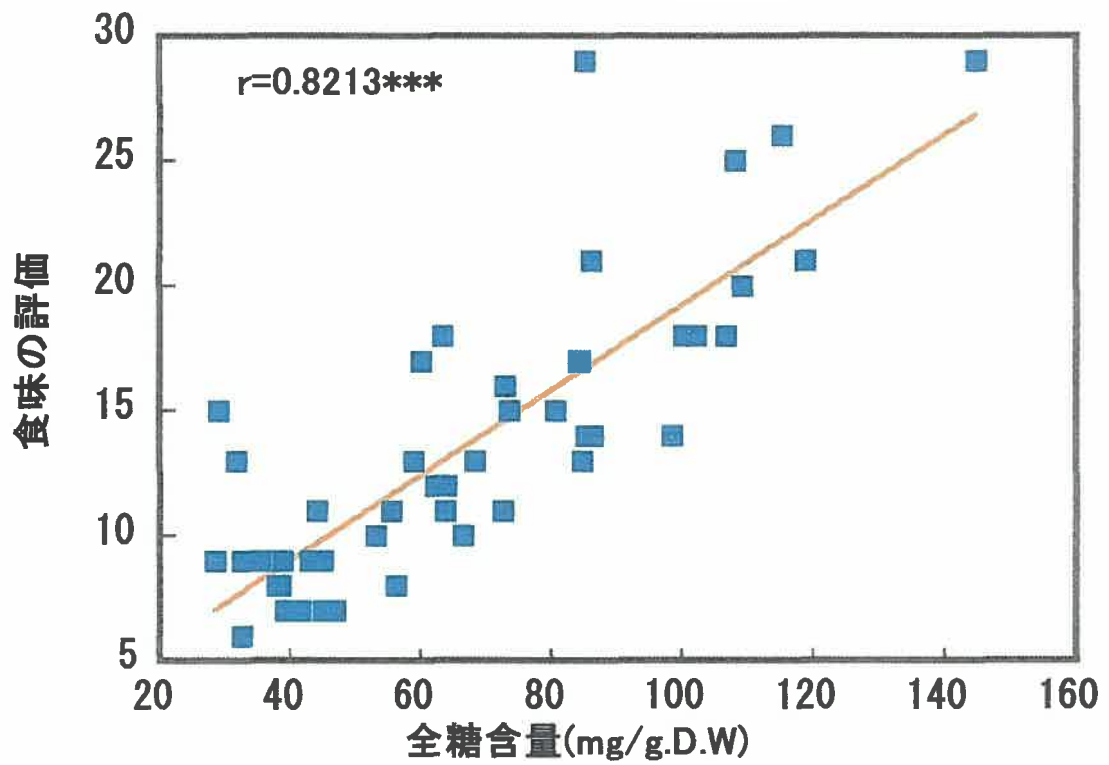
第4-10図 水溶性窒素含量と全糖含量の相関および食味と香りの評価の相関

*** : 0.1%水準で有意



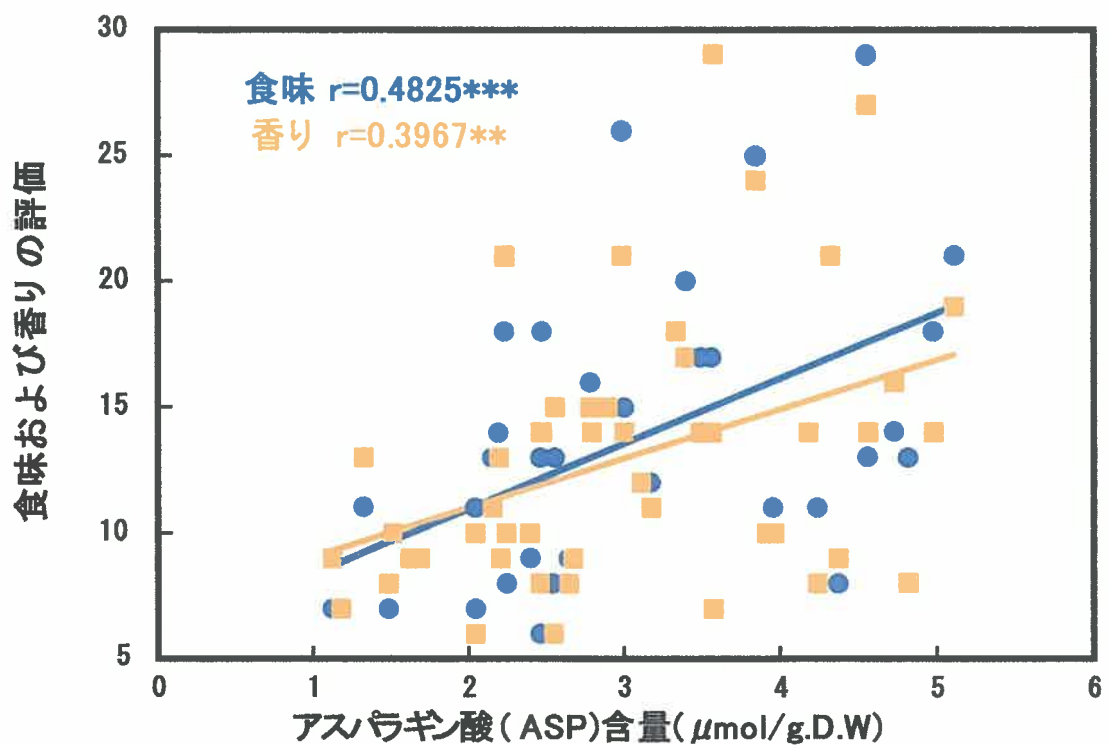
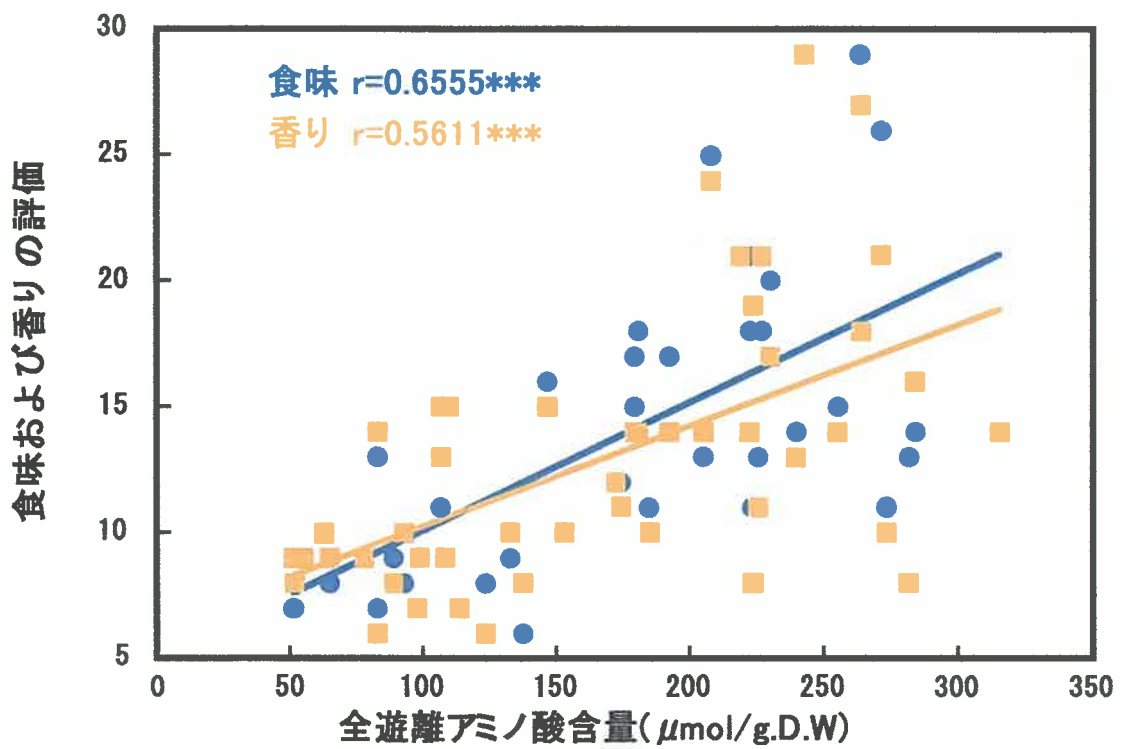
第4-1-1図 水溶性窒素含量と食味の評価
および香りの評価との相関

*** : 0.1%水準で有意



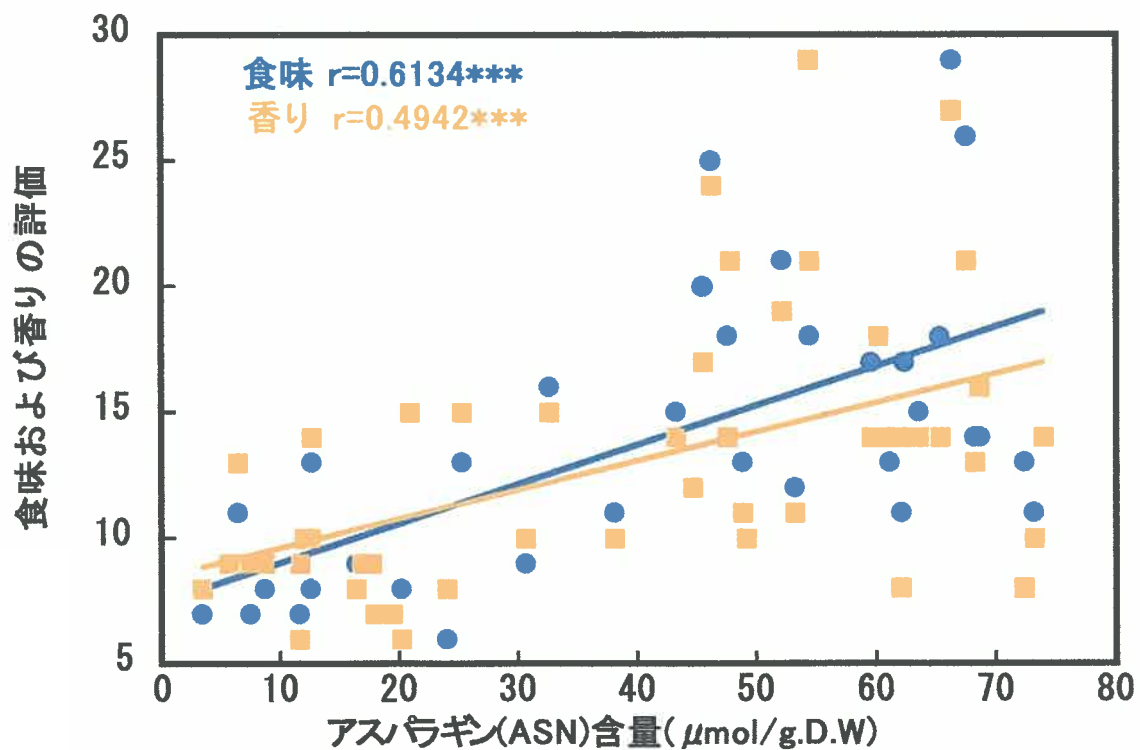
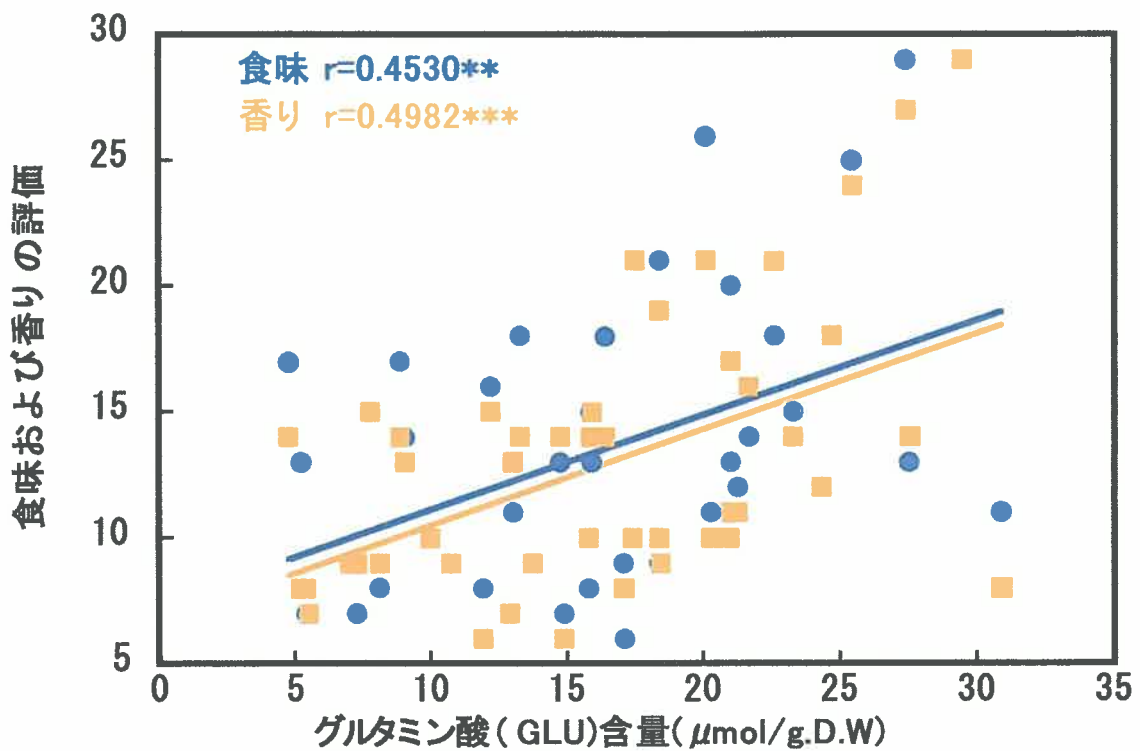
第4-12図 全糖含量と食味の評価
および香りの評価との相関

*** : 0.1%水準で有意



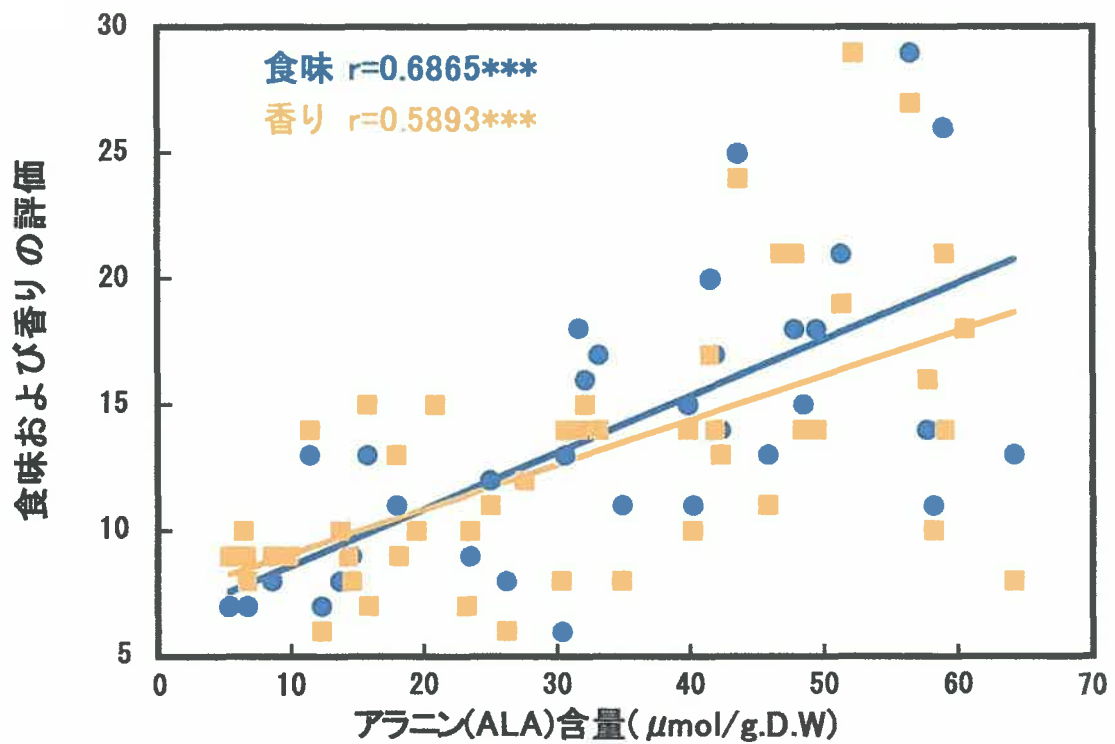
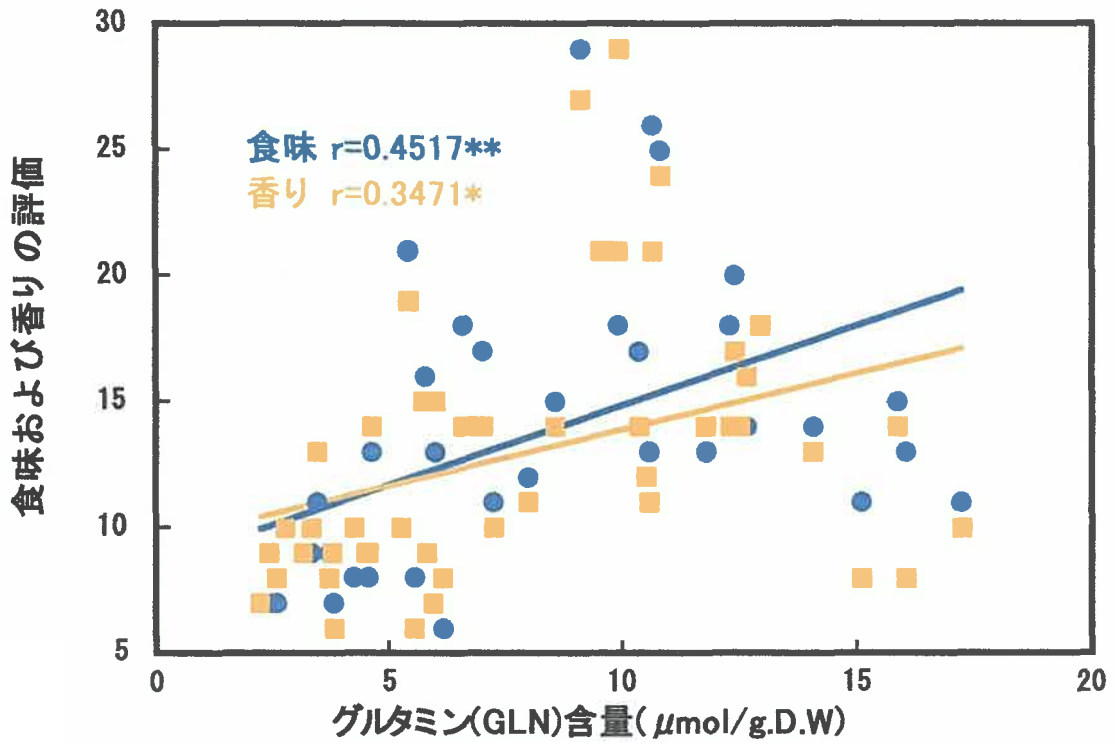
第4-13図 全遊離アミノ酸含量および
 呈味性遊離アミノ酸(ASP)含量と
 食味および香りの評価との相関

***、**、* : 0.1%、1%および5%水準で有意



第4-14図 呈味性遊離アミノ酸
 (GLU、ASN) 含量と
 食味および香りの評価との相関

***、**、* : 0.1%、1%および5%水準で有意



第4-15図 呈味性遊離アミノ酸
 (GLN、ALA)含量と
 食味および香りの評価との相関

***、**、* : 0.1%、1%および5%水準で有意

第4-14表 全品種における水溶性窒素、全糖、呈味性遊離アミノ酸、全遊離アミノ酸の含量と食味、香りの相関係数

全品種	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
水溶性窒素含量	(1) -								
全糖含量	(2) 0.838 ***	-							
ASP含量	(3) 0.630 ***	0.600 ***	-						
GLU含量	(4) 0.423 **	0.440 **	0.398 **	-					
ASN含量	(5) 0.847 ***	0.757 ***	0.684 ***	0.514 ***	-				
GLN含量	(6) 0.736 ***	0.613 ***	0.610 ***	0.508 ***	0.873 ***	-			
ALA含量	(7) 0.792 ***	0.812 ***	0.636 ***	0.507 ***	0.897 ***	0.829 ***	-		
全遊離アミノ酸含量	(8) 0.803 ***	0.793 ***	0.655 ***	0.596 ***	0.954 ***	0.884 ***	0.970 ***	-	
食味	(9) 0.685 ***	0.821 ***	0.483 ***	0.453 **	0.613 ***	0.452 **	0.686 ***	0.656 ***	-
香り	(10) 0.605 ***	0.755 ***	0.397 **	0.498 ***	0.494 ***	0.347 *	0.589 ***	0.561 ***	0.947 ***

***、**、* : それぞれ0.1%、1%、5%水準で有意

第4-15表 枝豆ダイズ品種および普通ダイズ品種における水溶性窒素、全糖、呈味性遊離アミノ酸、全遊離アミノ酸の含量と食味、香りの相関係数

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
枝豆ダイズ品種									
水溶性窒素含量	(1)	-							
全糖含量	(2)	0.740 ***	-						
ASP含量	(3)	0.450 *	0.489 *						
GLU含量	(4)	0.140	0.478 *	0.054					
ASN含量	(5)	0.613 **	0.470 *	0.445 *	0.150				
GLN含量	(6)	0.367	0.209	0.216	0.168	0.719 ***	-		
ALA含量	(7)	0.655 ***	0.630 ***	0.525 **	0.473 *	0.793 ***	0.652 ***	-	
全遊離アミノ酸含量	(8)	0.513 *	0.570 **	0.430 *	0.507 *	0.859 ***	0.735 ***	0.933 ***	-
食味	(9)	0.358	0.620 **	0.259	0.419 *	0.004	-0.251	0.154	0.087
香り	(10)	0.285	0.568 **	0.194	0.564 **	-0.062	-0.253	0.147	0.094
									0.928 ***
普通ダイズ品種									
水溶性窒素含量	(1)	-							
全糖含量	(2)	0.809 ***	-						
ASP含量	(3)	0.550 **	0.497 *						
GLU含量	(4)	0.579 **	0.339	0.637 ***					
ASN含量	(5)	0.760 ***	0.619 **	0.707 ***	0.845 ***				
GLN含量	(6)	0.697 ***	0.463 *	0.743 ***	0.845 ***	0.842 ***			
ALA含量	(7)	0.521 **	0.267	0.600 **	0.771 ***	0.797 ***	0.792 ***	-	
全遊離アミノ酸含量	(8)	0.683 ***	0.473 *	0.683 ***	0.880 ***	0.948 ***	0.881 ***	0.932 ***	-
食味	(9)	0.582 **	0.514 *	0.361	0.575 **	0.538 **	0.519 **	0.272	0.483 *
香り	(10)	0.446 *	0.422 *	0.160	0.333	0.268	0.236	0.063	0.227
									0.849 ***

***、**、* : それぞれ0.1%、1%、5%水準で有意

4-4 考察

3年間の結果をみると、播種時期の違いによる成分含量に大きな変動はみられなかった。しかし、農業形質（個体当たりの莢数、莢重、および主茎長）には大きな変動がみられた。

水溶性窒素含量と全糖含量の分散分析の結果から、全品種、枝豆ダイズ品種群および普通ダイズ品種群のいずれにおいても、品種の平均平方が播種時期間、年次間の平均平方よりも大きいことから、環境要因よりも、遺伝的要因が両成分の変動に大きな影響を与えていると推察される。さらに、水溶性窒素含量と全糖含量の年次間と播種時期間の平均平方の違いを比較すると、水溶性窒素含量においては播種時期間よりも年次間において、より大きな値を示したが、全糖含量においては変動の差が小さい値を示している。特に枝豆ダイズ品種においては年次間よりも播種時期間の方が大きな値を示している。これは、水溶性窒素含量よりも全糖含量の方が播種時期を異にした場合の環境要因に大きな影響を受けていることを示している。以上のことから、全糖含量、特に枝豆ダイズ品種における全糖含量は、播種時期間における日照時間や日較差の違いによる主茎長などの生育量の大きな変動により、ソースが制限を受けることで、水溶性窒素含量よりも全糖含量が大きな影響を受けていると推察される。

食味評価においては、枝豆ダイズ品種群が普通ダイズ品種群よりも食味および香りの評価において高い値を示

した。なかでも、白山ダダチャの値が明らかに他の品種より高かったことから、白山ダダチャは良食味枝豆品種の育成において、有用な育種母本になりえることが示唆された。また、播種時期別の変動は、品種間での変動と比較して、大きな変動はみられなかった。

食味の評価と香りの評価の間に極めて高い正の相関がみられた。すなわち、枝豆の旨味を決定する要因は食味と香りの複合的な働きによるものであることが推察された。

枝豆と普通ダイズ品種群において、水溶性窒素含量と全糖含量の間で高い正の相関がみられ、さらに水溶性窒素含量と遊離アミノ酸、全糖含量と遊離アミノ酸の間でも有意な正に相関がみられた。このことから、水溶性窒素含量中において遊離アミノ酸が占める割合は高く、遊離アミノ酸含量と水溶性窒素含量は相関が高いことが示唆された。

枝豆ダイズ品種の食味および香りの評価において全糖およびグルタミン酸の間で有意な正の相関があることから、枝豆の食味に影響する含有成分は主にグルタミン酸と全糖であると推察される。

普通ダイズ品種においては、全糖含量が食味の評価と有意の差を示さなかった。しかし、全ての遊離アミノ酸および全アミノ酸含量が食味の評価との間に有意か、有意に近い正の相関を示したことから、普通ダイズを枝豆として評価する場合、枝豆ダイズ品種よりも旨味に影響するであろう水溶性窒素含量が強く働くことが示唆され

た。これは、全体的に枝豆ダイズ品種よりも普通ダイズ品種の成分含量が低いことから、糖の甘味に比べて少量でも敏感に感じられるアミノ酸の旨味によつて食味が判断されたためではないかと推察される。

枝豆ダイズ品種が普通ダイズ品種よりも含有成分において高い値を示し、食味の評価も高いことから、枝豆の美味しさを決定する大きな要因は、全糖および遊離アミノ酸であり、これらの成分を分析することにより、枝豆の食味評価が可能であることが示唆される。また、第3章の結果と同様に、遊離アミノ酸は水溶性窒素含量と正の高い相関関係にあり、全糖含量も水溶性窒素含量と高い正の相関がみられることから、全糖含量あるいは水溶性窒素含量の一方を分析することにより、食味の評価が可能であることが示唆された。

4-5 摘要

本章では、枝豆ダイズ品種と普通ダイズ品種を用いて、年次および播種時期を異にして栽培し、環境要因の変化による含有成分の変動について比較検討した。また、含有成分の変動が食味にどのように影響するか検討した。

供試品種は枝豆ダイズ品種 4 品種、普通ダイズ品種 4 品種の計 8 品種を用い、1998 年、1999 年、2000 年の各年次とも播種日は 4 月 25 日から 7 月 10 日まで 15 日間隔で 6 回播種し、栽培した未熟種子の水溶性窒素含量、全糖含量を分析した。水溶性窒素含量、全糖含量ともに、枝豆ダイズ品種が普通ダイズ品種に比べ高い値を示した。さらに、含有成分の播種時期間、年次間および品種間変動に関する分散分析の結果、枝豆ダイズ品種、普通ダイズ品種ともに有意な差がみられた。なかでも品種間での変動が最も大きく、年次間、播種時期間の順で変動が小さくなる傾向がみられた。この結果から、含有成分の変動は環境要因よりも遺伝的要因によって影響されていることが示唆された。

水溶性窒素含量、全糖含量および遊離アミノ酸含量と、枝豆の官能的特性について検討した。全品種間で食味と水溶性窒素含量、全糖含量および遊離アミノ酸含量の間で有意な正の相関がみられた。このことから、これらの成分含量が枝豆の食味に影響する要因の一つであることが示唆された。

これらのことから、枝豆の食味に関する含有成分の変動は播種時期および年次間などの環境要因よりも、品種

固有の遺伝的要因に起因するものがより大きな影響を与えていることが推察された。以上のことから、今後枝豆の品種改良をおこなう上で、この遺伝的要因がどのようなものであるかを解明する必要がある。

第 5 章 枝豆ダイズと普通ダイズのシンク ・ソースバランスの品種特性

5-1 緒言

ダイズにおけるシンク制限に関する研究は、莢伸長期に莢を摘み取った場合の収量および収量構成要素への影響（Kokubun and Watanabe, 1983）、および、生殖成長期（有効登熟期）のシンク制限の摘莢処理に関する報告（Board and Harville, 1998）がある。また、ソース制限の研究は、開花から種子肥大期に時期別に遮光処理した場合、収量および収量構成要素におよぼす影響（Kokubun and Watanabe, 1983）、日射量を 30 % および 63 % 減少させた場合の影響（Egli and Tu, 1991）、時期別摘葉処理が収量構成要素におよぼす影響（Board and Harville, 1993 ; Board and Tan, 1995）、生殖成長前期と後期のソース能力の違いの解明（Board and Harville, 1998）等の報告がある。しかし、これらは実取り用ダイズ（普通ダイズ品種）に関する研究であり、枝豆ダイズ品種の未熟種子（枝豆）に関して、シンクおよびソースを制限した報告はない。

本章においては、枝豆ダイズ品種と普通ダイズ品種を用いて未熟種子における水溶性窒素含量および全糖含量の変動をシンク・ソースバランスを変化させて検討した。

5-2 材料および方法

材料は枝豆ダイズ品種のサッポロミドリ、白山ダダチヤの2品種、普通ダイズ品種の東北70号、ユウヅルの2品種を用いた。栽培は各品種とも3反復とし、播種および施肥量、畝間、株間等の栽培、肥培管理方法については、第2章の方法に準じた。

実験1：摘莢処理

1999年、2000年はシンク制限の摘莢処理をおこなった。5月10日に播種し2週間後圃場に定植、開花盛期（70%開花）後20日で莢を切除する処理をおこなった。すなわち、摘莢処理をおこなわない「無処理区」、1株の莢の半数を切除し半数を残す「1/2残存区」、1株の莢の2/3を切除し1/3を残す「1/3残存区」の3区を設定した。各区とも5株ずつ3反復で計15株を調査した。

開花盛期後40日で試料を採取した。なお、開花盛期後10日ごとに40日まで4回、莢および種子の伸長をノギスで計測した。葉を1株ごとに採取し、葉面積を自動面積計（林電工KK、AAM型）で計測した後、葉を80℃で24時間通風乾燥させ乾物重を測定した。開花40日に莢を1株ごとに採取し、莢数を数え、莢と種子を分け、種子を乾燥し、乾物重を計測した。葉乾物重を葉面積で割り葉の厚さを算出し、種子重を葉面積で割り単位面積当たりの種子重を算出した。生体の段階で、莢から種子を取りだし、凍結乾燥し、100mesh以下の粉末を成分分析に供した。水溶性窒素含量および全糖含量の分析方法は第2章の方法に準じた。

実験 2 : 摘葉処理

2000 年はソース制限の摘葉処理をおこなった。材料および栽培方法は実験 1 と同じである。開花盛期（70 % 開花）後 20 日で葉を切除する処理をおこなった。ダイズの葉は 3 枚の複葉であり、摘葉処理をおこなわない「無処理区」、複葉の 1 枚を切除する「1 枚摘葉区」、2 枚を切除する「2 枚摘葉区」、3 枚全てを切除する「3 枚摘葉区」の 4 区を設定した。開花盛期後 40 日で収穫し、莢数、莢長と種子長を計測した。葉を 1 株ごとに採取し、自動面積計（林電工 KK. AAM 型）で面積を計測した後、葉を 80 °C で 24 時間通風乾燥し葉の乾物重を測定した。莢から種子を取りだし、凍結乾燥し、100mesh 以下の粉末を成分分析用に供した。また、第 2 章の方法に準じ水溶性窒素含量および全糖含量分析をおこなった。

5-3 結果

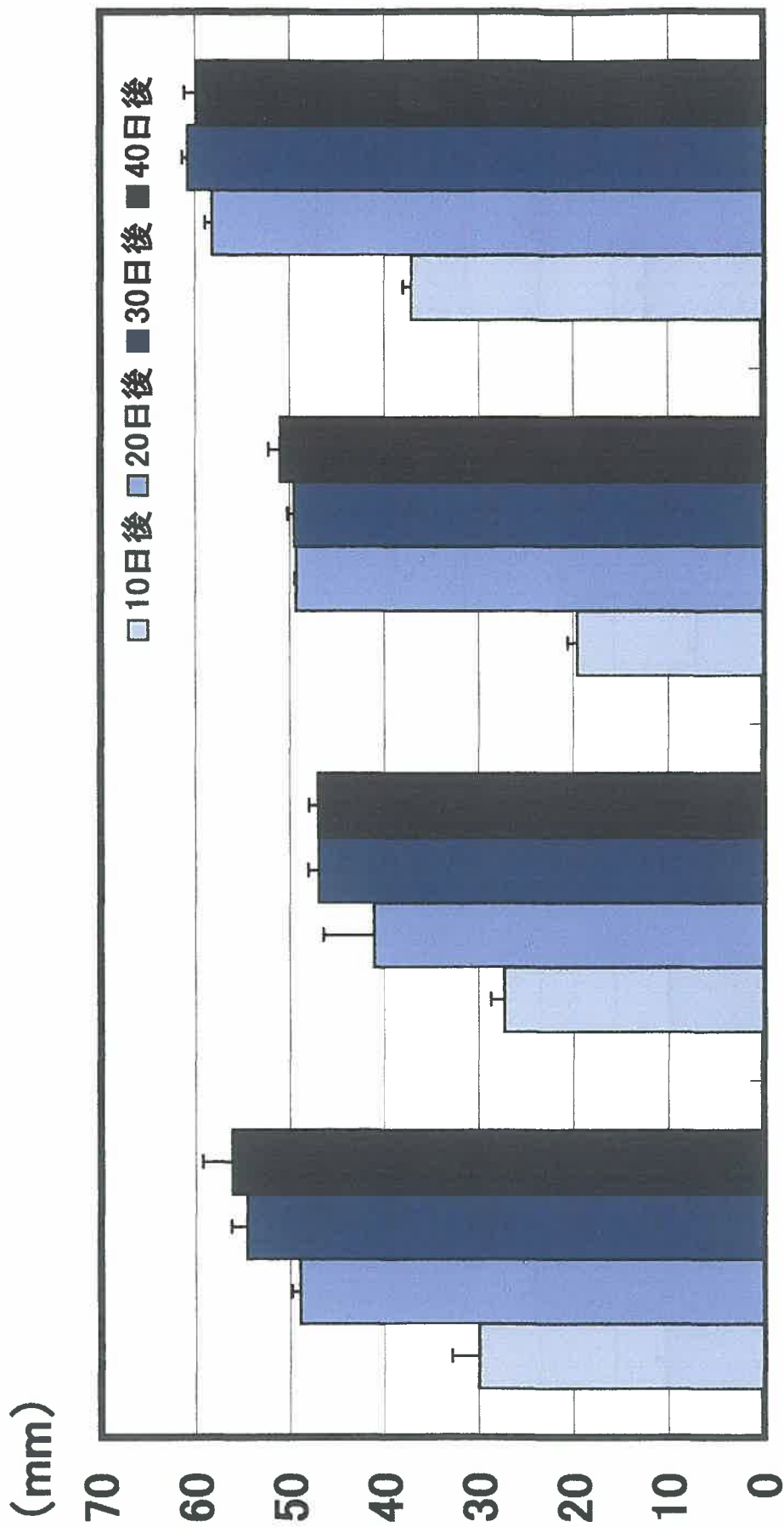
実験 1 : 摘莢処理

無処理区の莢は開花後約 20 日頃まで急速に伸長した。この傾向は、普通ダイズ品種で著しく、枝豆ダイズ品種では開花 20 日後でも莢が伸長する傾向を示した（第 5-1 図）。種子の伸長は莢長が停滞した頃から急速な進展がみられた。種子の伸長には品種間差異がみられ、白山ダダチャは開花後 10 日過ぎから肥大する特徴がみられた（第 5-2 図）。

莢切除区における収穫時の莢長は無処理区と比べ大きな変動は示さず、伸長の品種間差異も明確ではなかった（第 5-3 図）。莢切除区は種子長を増加させる傾向を示したが、有意な品種間差異は認められなかった（第 5-4 図）。

莢切除区における収穫時の変動をみると、葉面積は変化なく、葉重は増える傾向があり、種子重は減る傾向があった（第 5-5 図、第 5-6 図、第 5-7 図）。分散分析の平均平方の値は、普通ダイズの種子重を除いて、全品種および品種群間ともに処理、年次と比べて品種の方が大きい値を示した。葉面積は処理には有意差は認められなく、葉重、種子重は品種および処理に有意差は認められた（第 5-1 表、第 5-2 表）。

葉重／葉面積の変動は莢切除によって増加する傾向がある（第 5-8 図）。分散分析の平均平方の値は処理と品種と比較すると、種子重の場合と同様に、普通ダイズ品種を除いて全品種および品種群間ともに品種の方が大きい



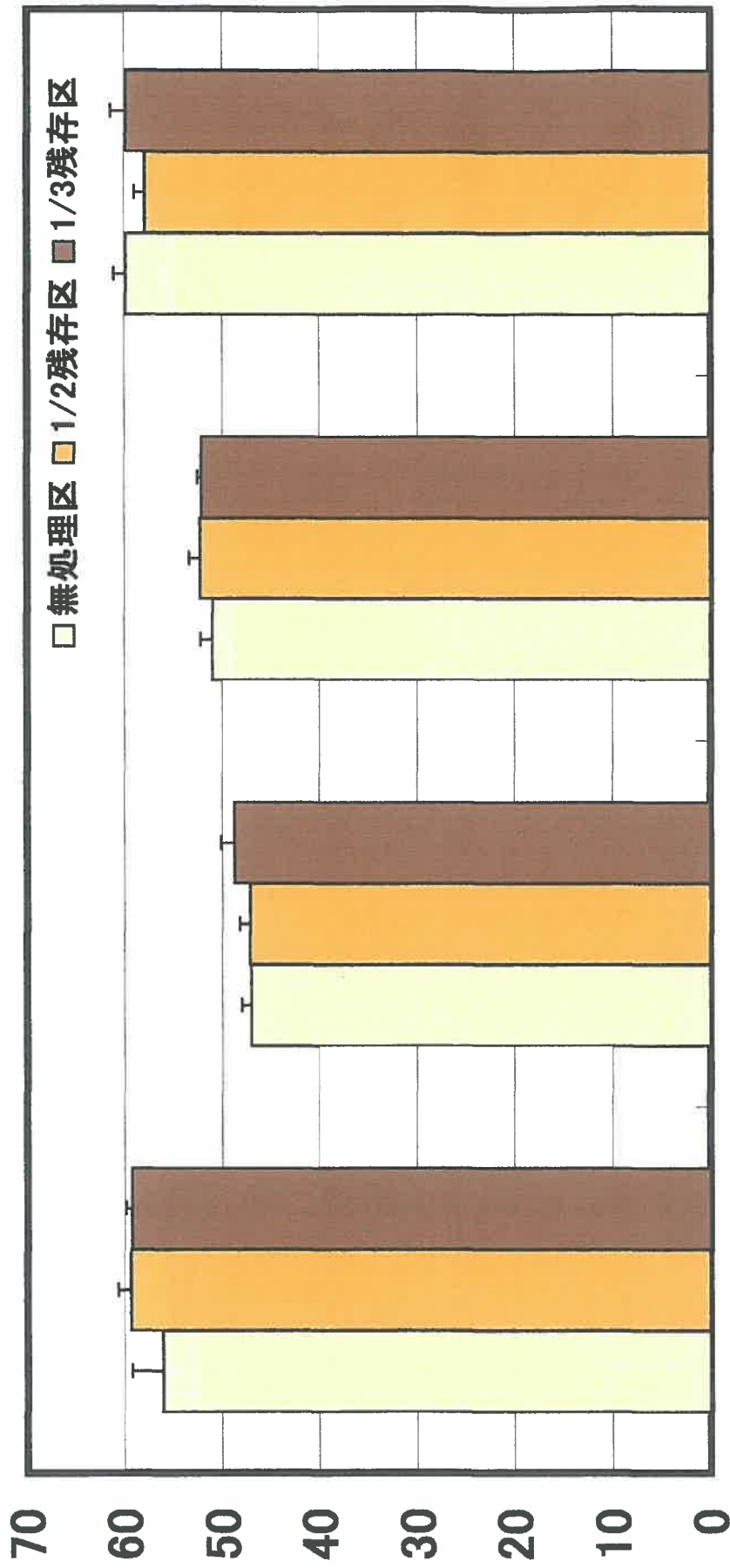
サッポロミドリ 白山ダダヤ 東北70号 ユウヅル
 第5-1図 無処理区の開花後の莖伸長

(mm)



サッポロミドリ 白山ダダヤ 東北70号 ユウヅル
第5-2図 無処理区の開花後の種子伸長

(mm)



ユウヅル

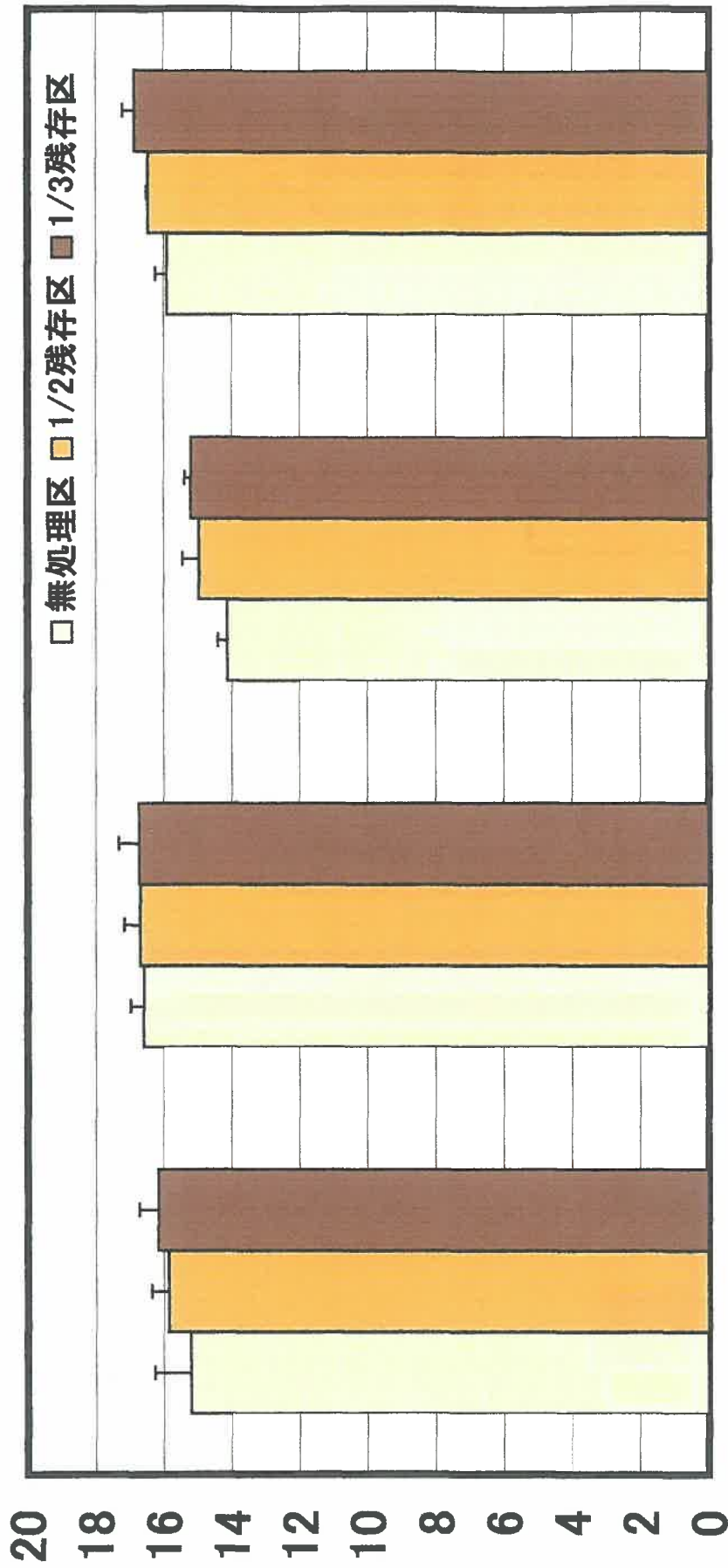
東北70号

白山ダダヤ

サッポロロンドリ

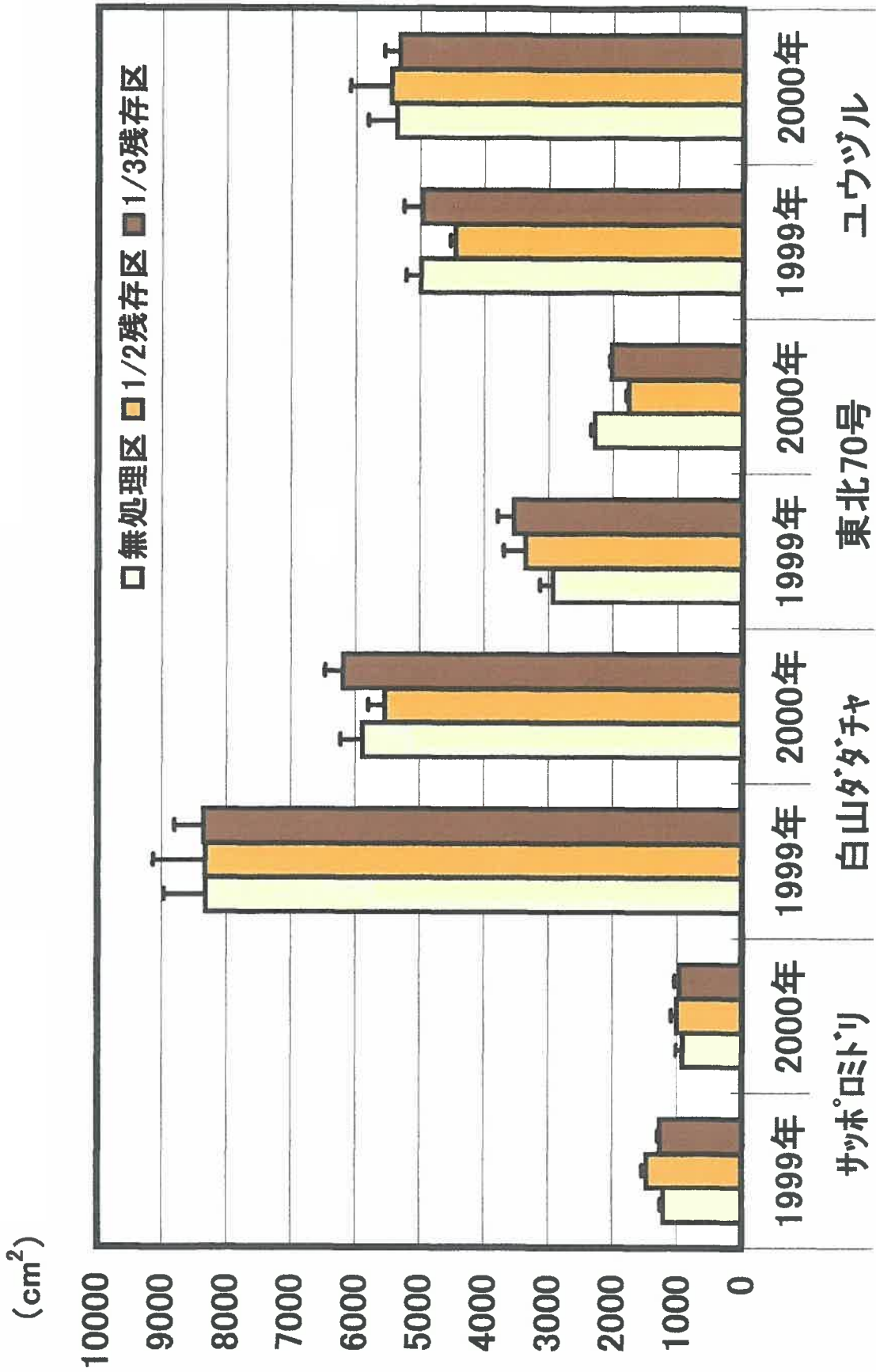
第5-3図 莖切除による収穫時の莖長の変動

(mm)



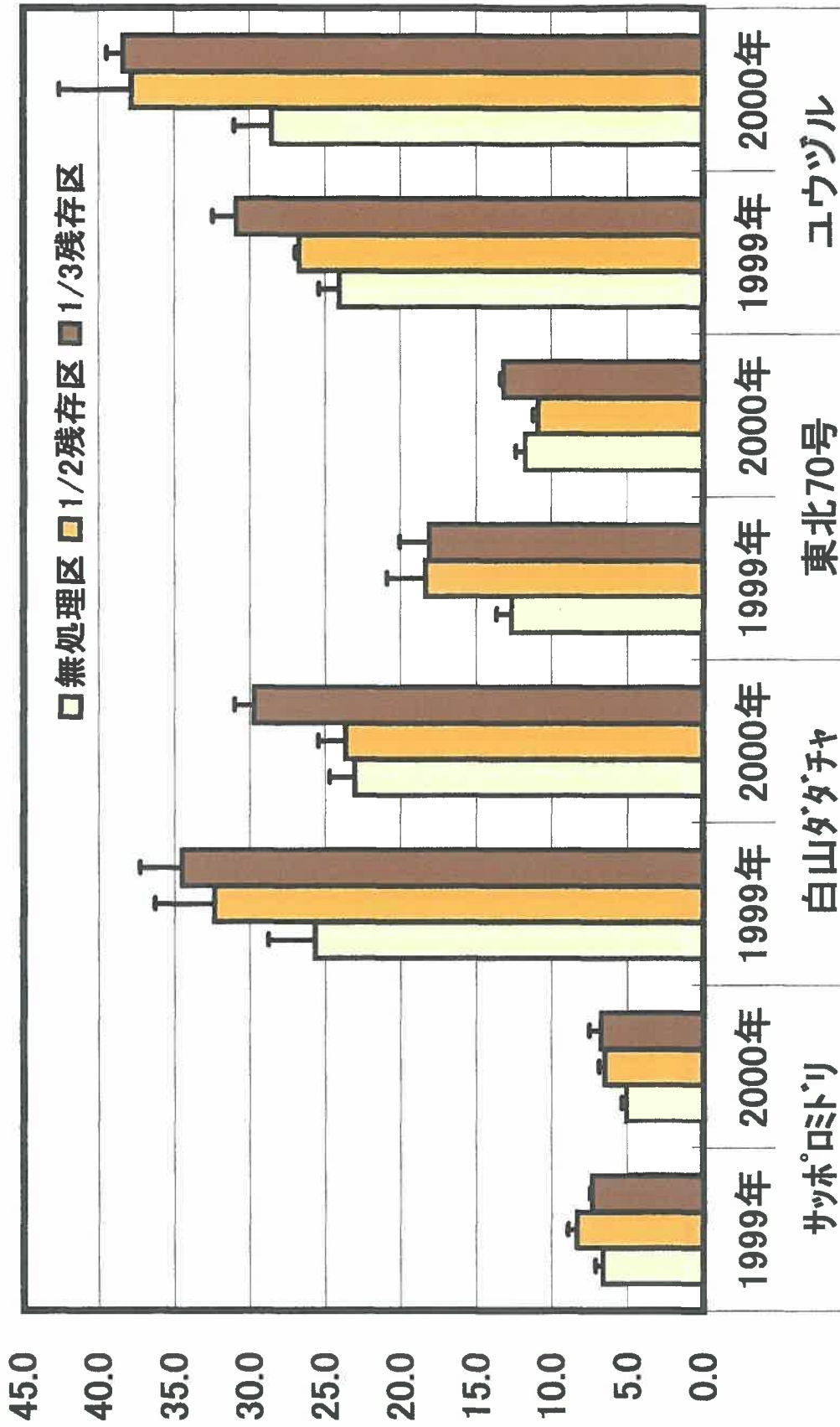
ユウヅル

サッポロミドリ 白山ダダチャ 東北70号
第5-4図 莢切除による収穫時の種子長の変動

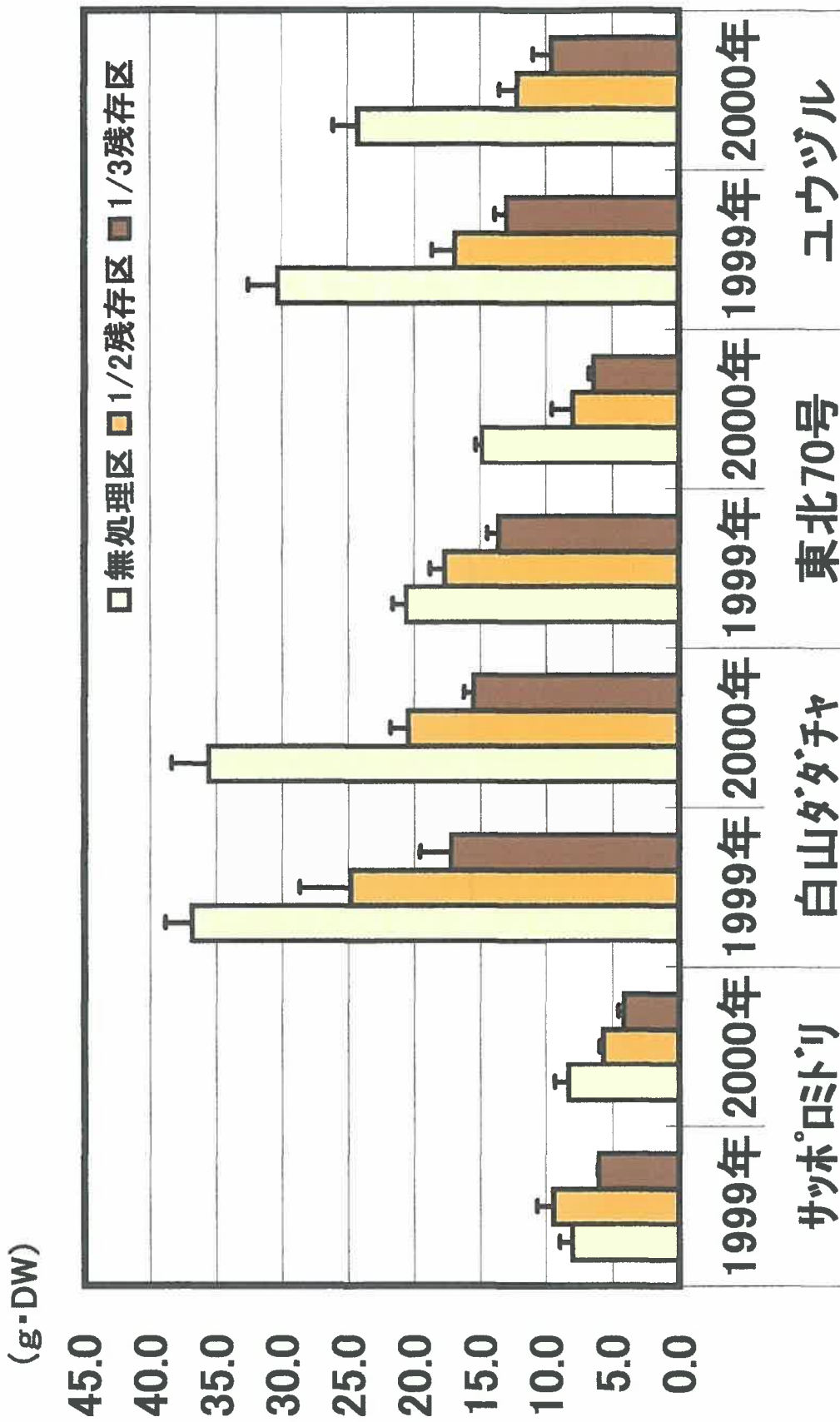


第5-5図 個体当たりの葉切除による葉面積の変動

(g・DW)



第5-6図 個体当たりの莢切除による葉重の変動



第5-7図 個体当たりの莢切除による種子重の変動

第5-1表 全品種の葉面積、葉重および種子重の分散分析結果

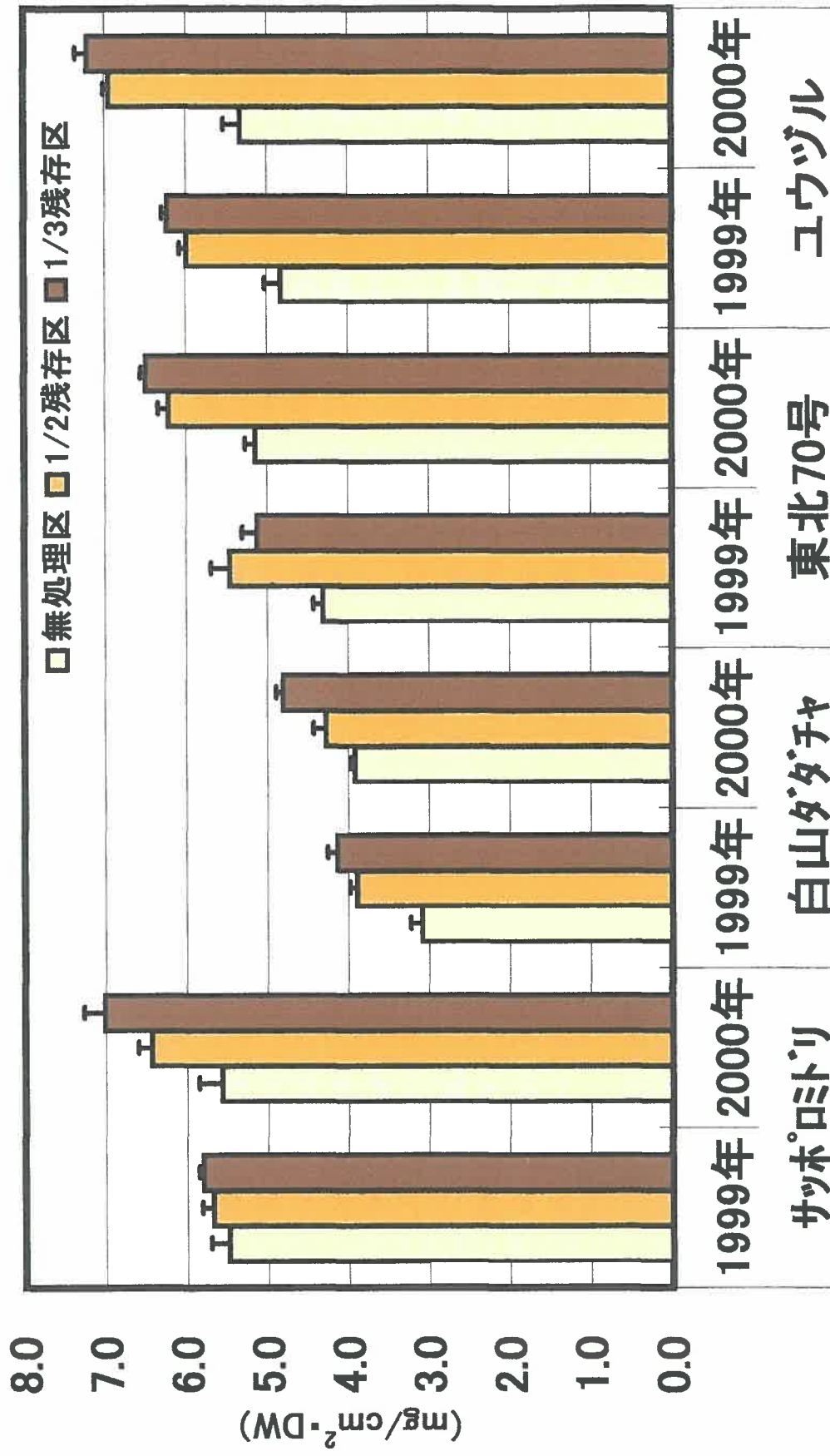
	葉面積		葉重		種子重	
	自由度	(cm^2)	自由度	($\text{g} \cdot \text{DW}$)	自由度	($\text{g} \cdot \text{DW}$)
	平均平方		平均平方		平均平方	
全品種						
年次(A)	1	13777231.13 **	1	13.36	1	315.26 **
品種(B)	3	125142982.17 **	3	2393.57 **	3	1028.91 **
処理(C)	2	144401.99	2	166.70 **	2	866.77 **
A × B	3	7576852.39 **	3	160.06 **	3	29.14 *
A × C	2	72820.03	2	3.86	2	9.57
B × C	6	81663.89	6	19.18	6	97.45 **
A × B × C	6	230337.83	6	14.59	6	2.54
誤差	48	329558.12	48	11.14	48	7.81

** : 1%有意 * : 5%有意

第5-2表 枝豆サイズ品種と普通サイズ品種の葉面積、葉重および種子重の分散分析結果

	枝豆サイズ品種		普通サイズ品種	
	自由度	葉面積 (cm ²)	自由度	葉面積 (cm ²)
		平均平方		平均平方
年次(A)	1	17864387.07 **	1	101.08 **
品種(B)	1	320576591.09 **	1	4125.28 **
処理(C)	2	45937.52	2	60.61 **
A × B	1	10042909.59 **	1	36.91
A × C	2	119260.40	2	8.63
B × C	2	175034.29	2	33.89
A × B × C	2	41104.79	2	6.26
誤差	24	395720.19	24	10.53
				平均平方
				種子重 (g·DW)
年次(A)	1		1	44.55 *
品種(B)	1		1	2926.45 **
処理(C)	2		2	415.21 **
A × B	1		1	0.42
A × C	2		2	8.19
B × C	2		2	222.90 **
A × B × C	2		2	0.22
誤差	24		24	10.09
				平均平方
				種子重 (g·DW)
年次(A)	1	1045723.26	1	23.86
品種(B)	1	53718695.50 **	1	2578.72 **
処理(C)	2	129105.58	2	110.71 **
A × B	1	7554768.37 **	1	331.69 **
A × C	2	144662.18	2	0.29
B × C	2	39316.28	2	19.03
A × B × C	2	458806.15	2	32.45
誤差	24	263396.04	24	11.75

** : 1%有意 * : 5%有意



第5-8図 莢切除による葉重/葉面積の変動

い値を示し。また、品種および処理に有意差が認められた（第 5-8 図、第 5-3 表、第 5-4 表）。

種子重／葉面積の変動は莢切除によって全ての区で減少する傾向があった（第 5-9 図）。分散分析の平均平方の値は品種と比べ、全品種および普通品種で処理の値が大きく、枝豆品種で処理より品種の方が大きい値を示した。しかし、いずれにおいても処理との差異は少なかった（第 5-3 表、第 5-4 表）。

水溶性窒素含量の摘莢処理による変動は無処理区と比較すると、やや増加する傾向がみられた。白山ダダチャにおいてその傾向が強く、ユウズルにおいてはこの傾向は弱く品種間差異が明確に現れた（第 5-10 図）。分散分析の平均平方の値は、全品種および品種群間ともに処理と比べると品種の方が大きい値を示したが、品種における値は小さい（第 5-5 表、第 5-6 表）。

全糖含量の摘莢処理による変動は無処理区と比較すると、増加する傾向がみられた。白山ダダチャにおいてこの傾向が強く、ユウズルにおいてはこの傾向が弱い（第 5-11 図）。分散分析の平均平方の値は、全品種では処理と比べると品種の方が大きい値を示し、品種群間では普通ダイズ群の分散分析は有意でなかった。また、品種群において年時間変動が大きくなる傾向がみられた（第 5-5 表、第 5-6 表）。

実験 2：摘葉処理

葉切除区における収穫時の莢長は無処理区と比べ大きな変動は示さず、伸長の品種間差異は明確ではなかった

第5-3表 全品種の葉重/葉面積および種子重/葉面積の分散分析結果

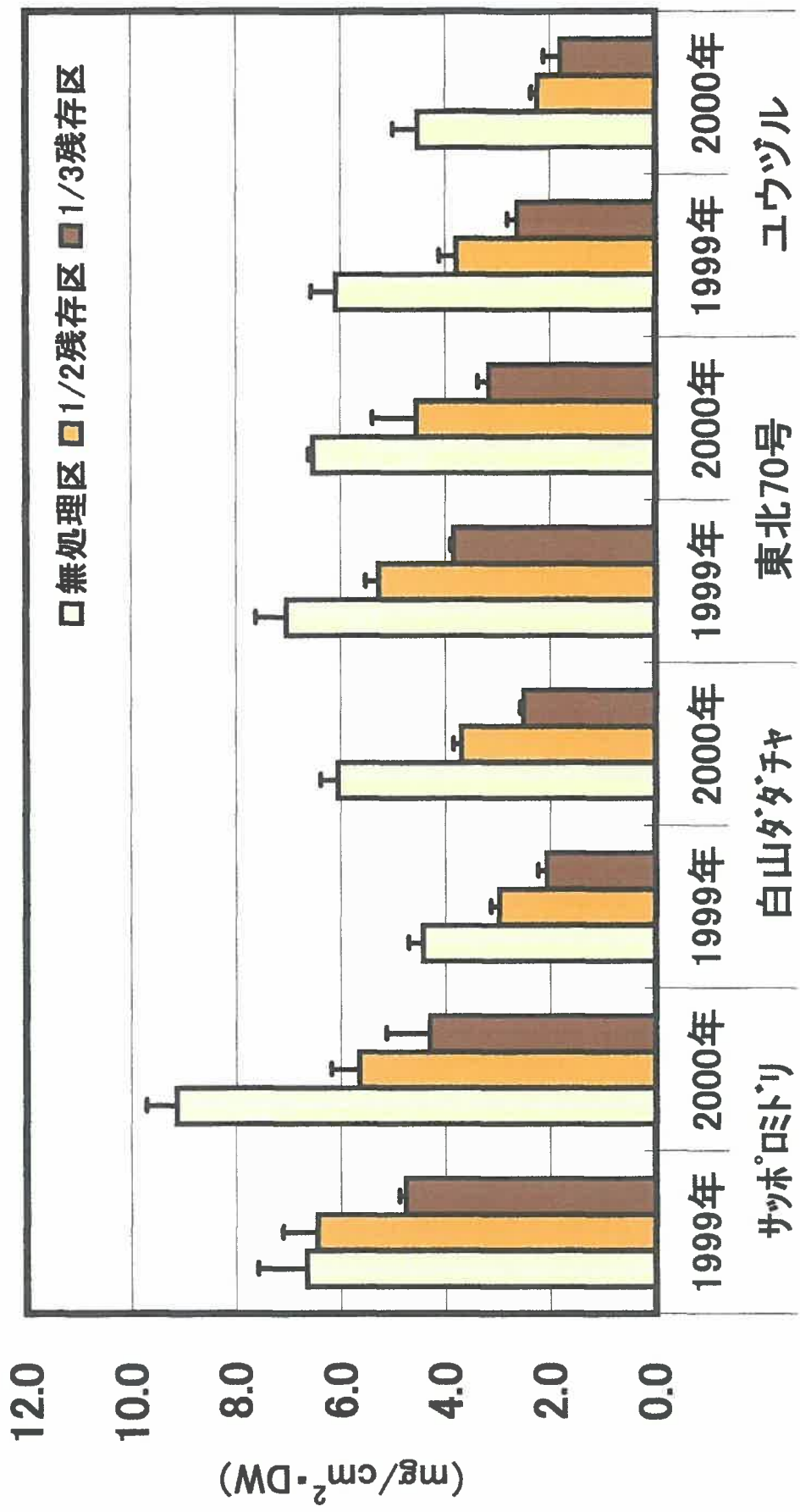
	葉重/葉面積 (mg/cm ² ·DW)		種子重/葉面積 (mg/cm ² ·DW)	
	自由度	平均平方	自由度	平均平方
全品種				
年次(A)	1	11.29 **	1	0.63
品種(B)	3	16.68 **	3	31.22 **
処理(C)	2	8.61 **	2	64.97 **
A×B	3	0.12	3	4.39 **
A×C	2	0.36 *	2	1.37
B×C	6	0.34 **	6	0.21
A×B×C	6	0.13	6	0.79
誤差	48	0.07	48	0.71

** : 1%有意 * : 5%有意

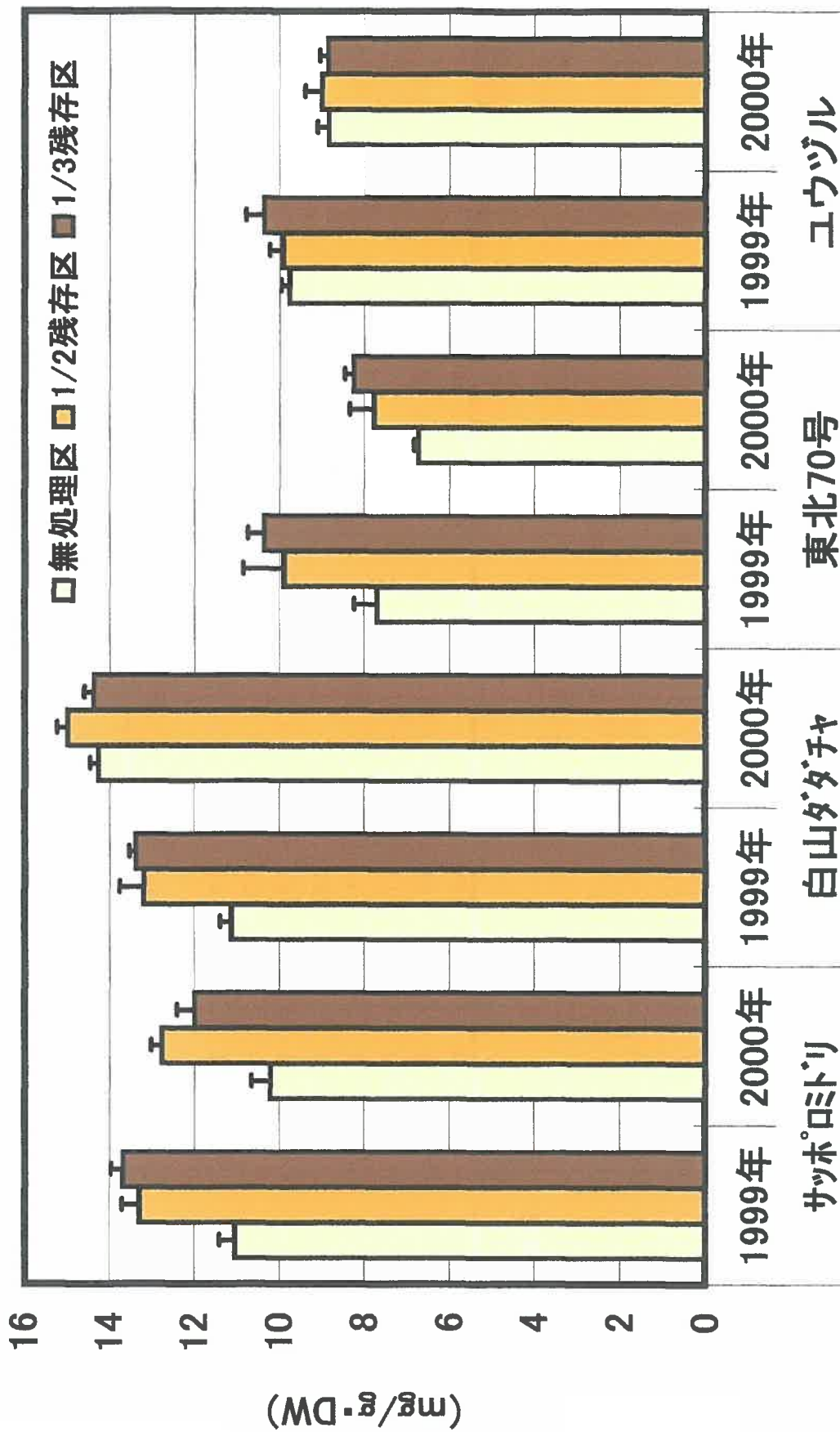
第5-4表 枝豆ダイズ品種と普通ダイズ品種の葉重/葉面積および種子重/葉面積の分散分析結果

	枝豆ダイズ品種		普通ダイズ品種	
	自由度	葉重/葉面積 (mg/cm ² ・DW)	自由度	種子重/葉面積 (mg/cm ² ・DW)
枝豆ダイズ品種		平均平方		平均平方
年次(A)	1	4.09 **	1	3.34
品種(B)	1	35.75 **	1	64.25 **
処理(C)	2	2.51 **	2	33.10 **
A×B	1	0.01	1	0.95
A×C	2	0.15	2	2.89
B×C	2	0.01	2	0.30
A×B×C	2	0.33 *	2	0.59
誤差	24	0.08	24	0.95
普通ダイズ品種		平均平方		平均平方
年次(A)	1	7.45 **	1	8.72 **
品種(B)	1	3.75 **	1	21.79 **
処理(C)	2	6.84 **	2	31.90 **
A×B	1	0.09	1	0.81
A×C	2	0.21	2	0.15
B×C	2	0.26 *	2	0.31
A×B×C	2	0.07	2	0.13
誤差	24	0.06	24	0.47

**:1%有意 *:5%有意



第5-9図 莢切除による種子重/葉面積の変動



第5-10図 莢切除による水溶性窒素含量の変動

第5-5表 全品種の水溶性窒素含量および全糖含量の分散分析結果

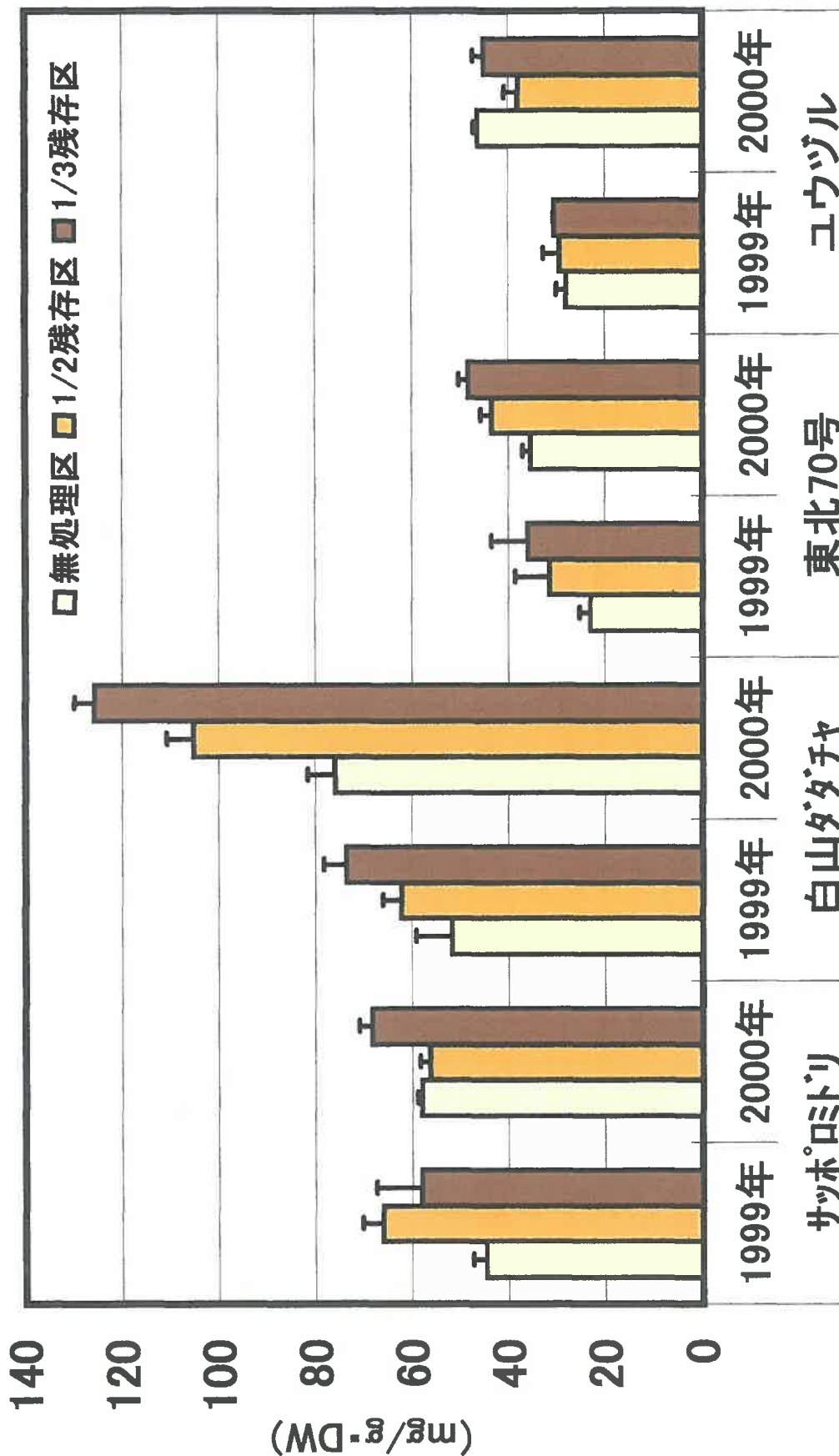
	水溶性窒素含量 (mg/g・DW)		全糖含量 (mg/g・DW)	
	自由度	平均平方	自由度	平均平方
全品種				
年次(A)	1	3.99 **	1	5611.65 **
品種(B)	3	100.46 **	3	8744.99 **
処理(C)	2	16.14 **	2	1423.49 **
A×B	3	12.38 **	3	1052.00 **
A×C	2	2.11 *	2	121.37
B×C	6	1.75 **	6	351.12 **
A×B×C	6	0.36	6	152.65 *
誤差	48	0.47	48	56.46

** : 1%有意 * : 5%有意

第5-6表 枝豆ダイズ品種と普通ダイズ品種の水溶性窒素含量および全糖含量の分散分析結果

自由度		水溶性窒素含量 (mg/g・DW)	自由度	全糖含量 (mg/g・DW)
		平均平方		平均平方
枝豆ダイズ品種				
年次(A)	1	2.06 *	1	4453.40 **
品種(B)	1	17.43 **	1	5125.22 **
処理(C)	2	13.00 **	2	1751.93 **
A×B	1	20.08 **	1	2771.23 **
A×C	2	1.77 *	2	184.18
B×C	2	1.03	2	436.96 **
A×B×C	2	0.57	2	358.52 *
誤差	24	0.35	24	74.51
普通ダイズ品種				
年次(A)	1	18.13 **	1	1537.13 **
品種(B)	1	9.06 **	1	0.07
処理(C)	2	4.65 **	2	142.22 *
A×B	1	0.87	1	5.90
A×C	2	0.57	2	20.35
B×C	2	2.71 *	2	145.75 *
A×B×C	2	0.26	2	16.28
誤差	24	0.59	24	38.40

**:1%有意 *:5%有意



第5-11図 英切除による全糖含量の変動

(第 5-12 図)。種子長は切除区で減少する傾向を示し、3 枚摘葉区で著しく減少した (第 5-13 図)。

収穫時の葉切除区の個体当たり変動をみると、葉面積、葉重、種子重および莢数は減少する傾向にあった (第 5-14 図、第 5-15 図、第 5-16 図、第 5-17 図)。葉面積、葉重および種子重の分散分析の平均平方の値から、全品種および品種群間ともに、処理と比べると品種の方が大きい値を示した (第 5-7 表)。

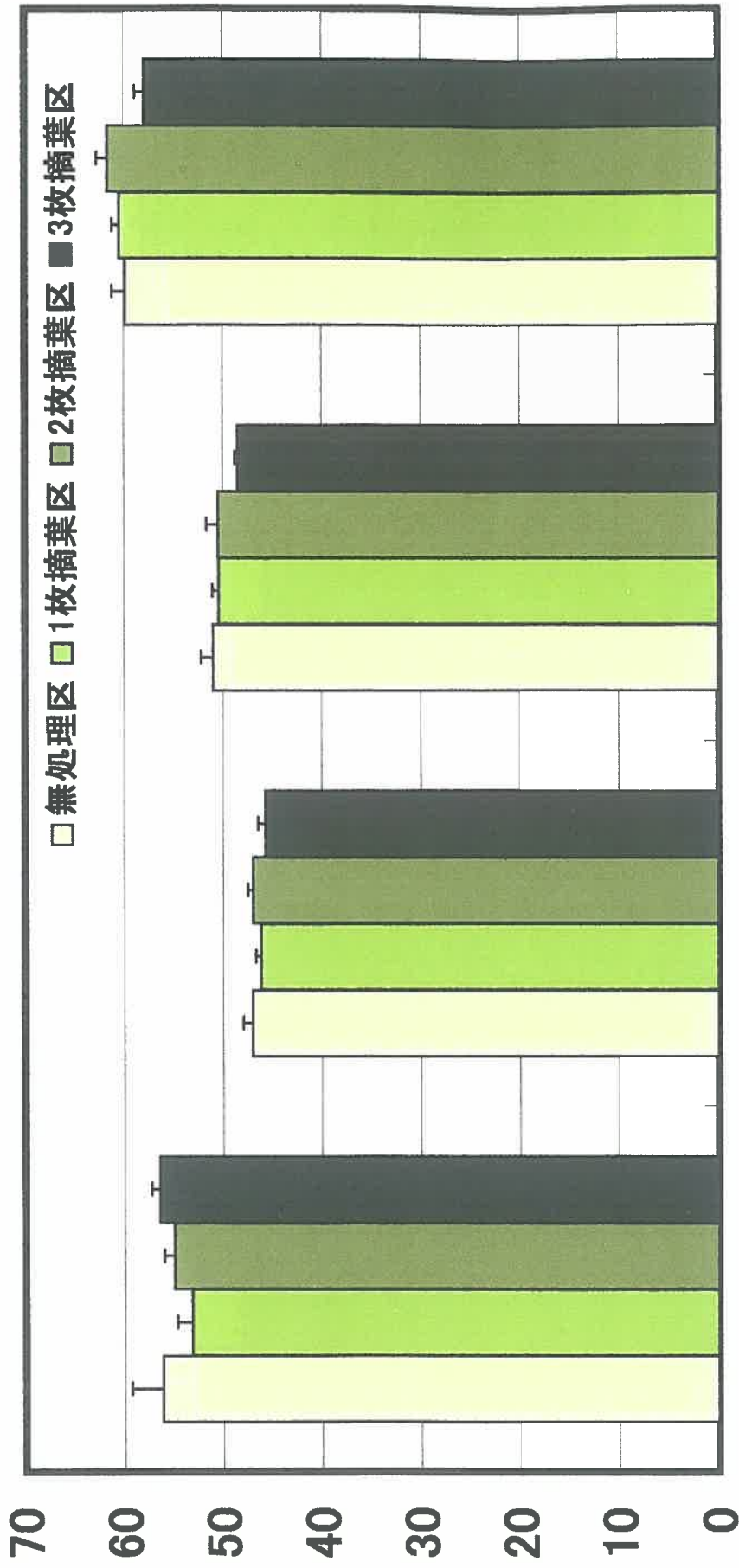
葉重 / 葉面積の変動は葉切除によってサッポロミドリを除いて増加する傾向があった (第 5-18 図)。分散分析の平均平方の値は全品種および品種群間ともに、処理の分散は有意差がない (第 5-8 表)。

種子重 / 葉面積の変動は葉切除によって全ての区で増加した (第 5-19 図)。分散分析の平均平方の値は品種と比べると、全品種および品種群間ともに、処理の値が大きい。ただし、品種および処理ともに分散は有意であった (第 5-8 表)。

水溶性窒素含量の摘葉処理による変動は、白山ダダチャにおいて摘葉の程度に応じて減少していくが、その他の 3 品種は 2 枚摘葉区まではやや減少する傾向を示し、3 枚摘葉区では増加する (第 5-20 図)。分散分析の平均平方の値は、全品種は品種、品種群では処理が大きい値を示したが、それらの値の差は僅かであった。また、品種、処理では有意であった (第 5-9 表)。

全糖含量の摘葉処理による変動は無処理区と比較すると、摘葉処理の程度に応じて減少していく傾向がみられ、

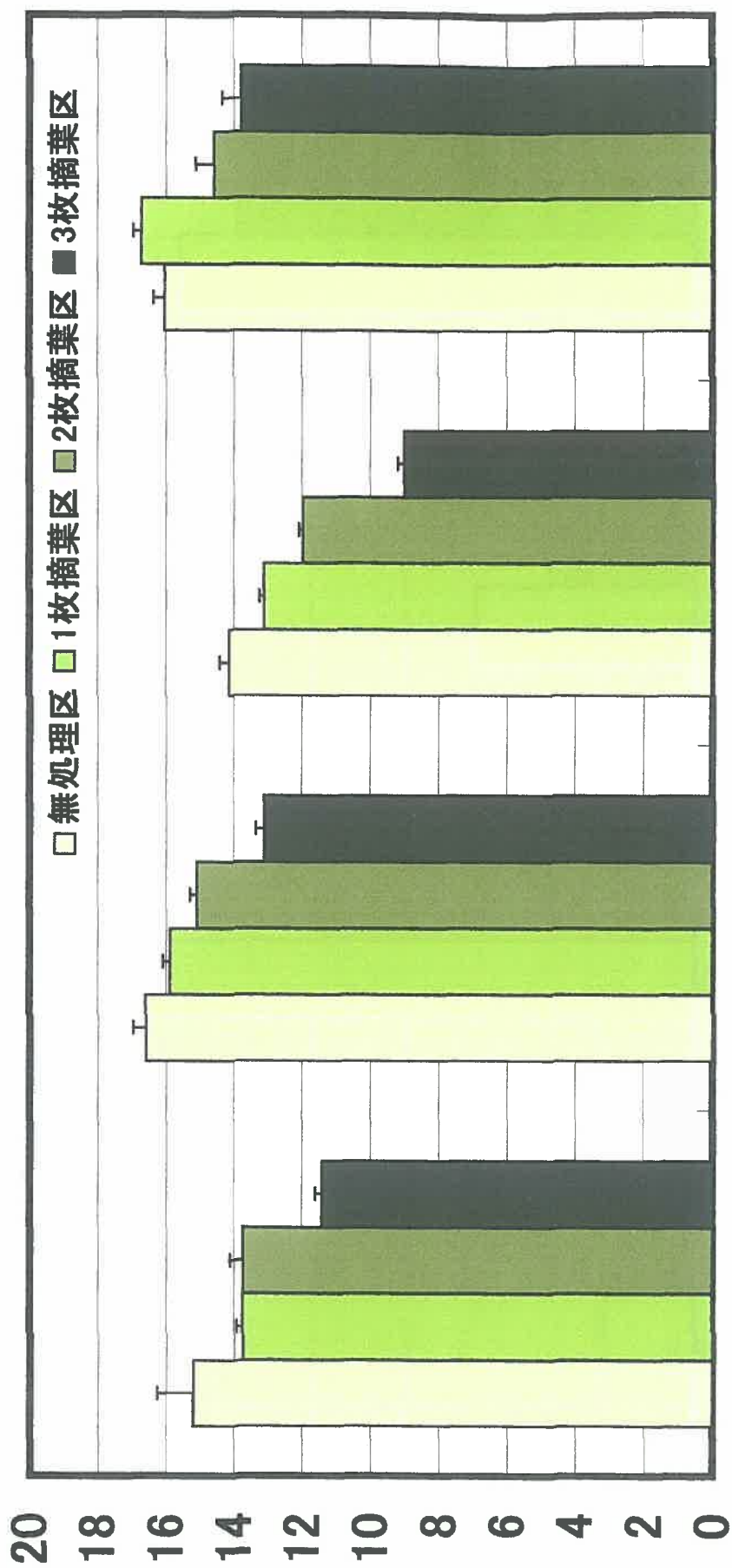
(mm)



サッポロミソドリ 白山ダダチャ 東北70号 ユウヅル

第5-12図 葉切除による収穫時の莢長の変動

(mm)



ユウヅル

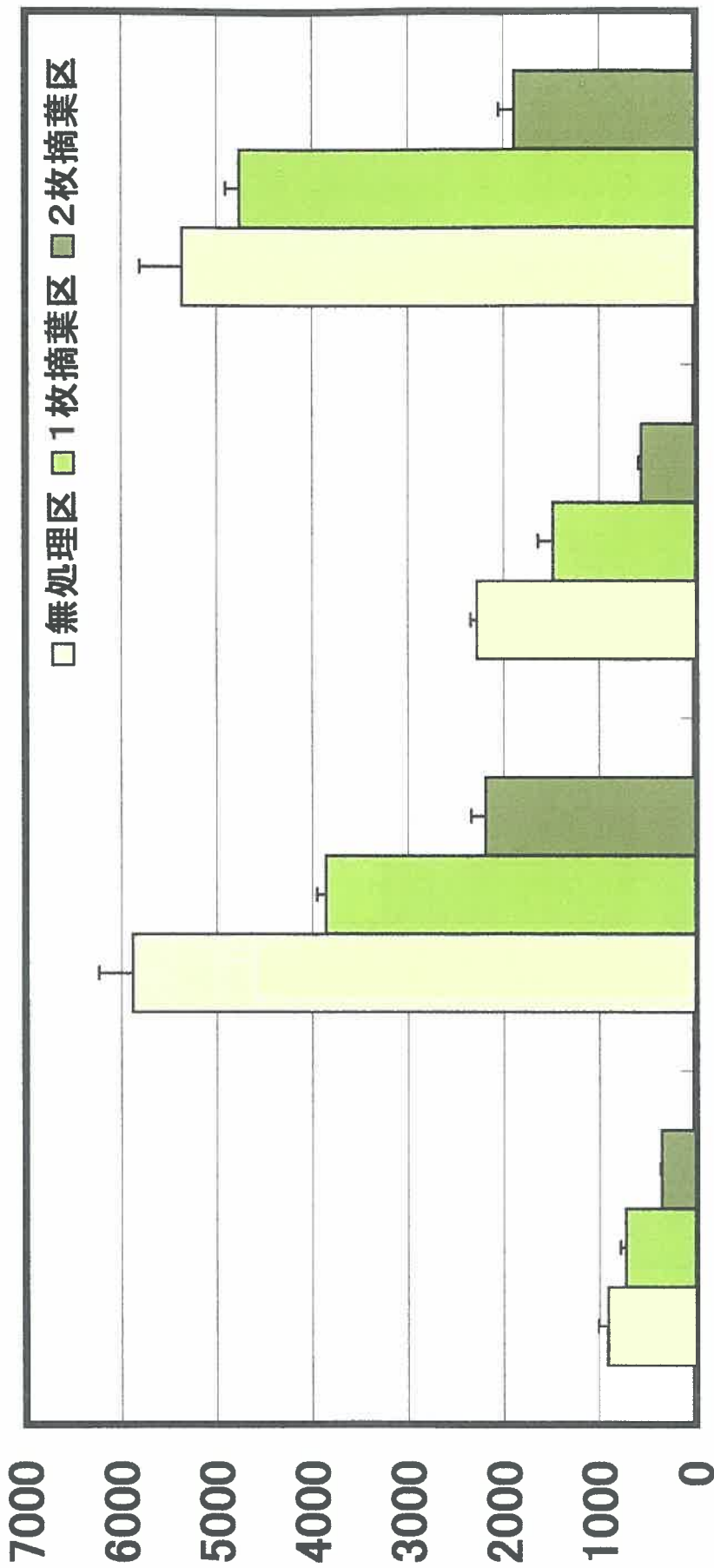
東北70号

白山ダダチャ

サッポロミドリ

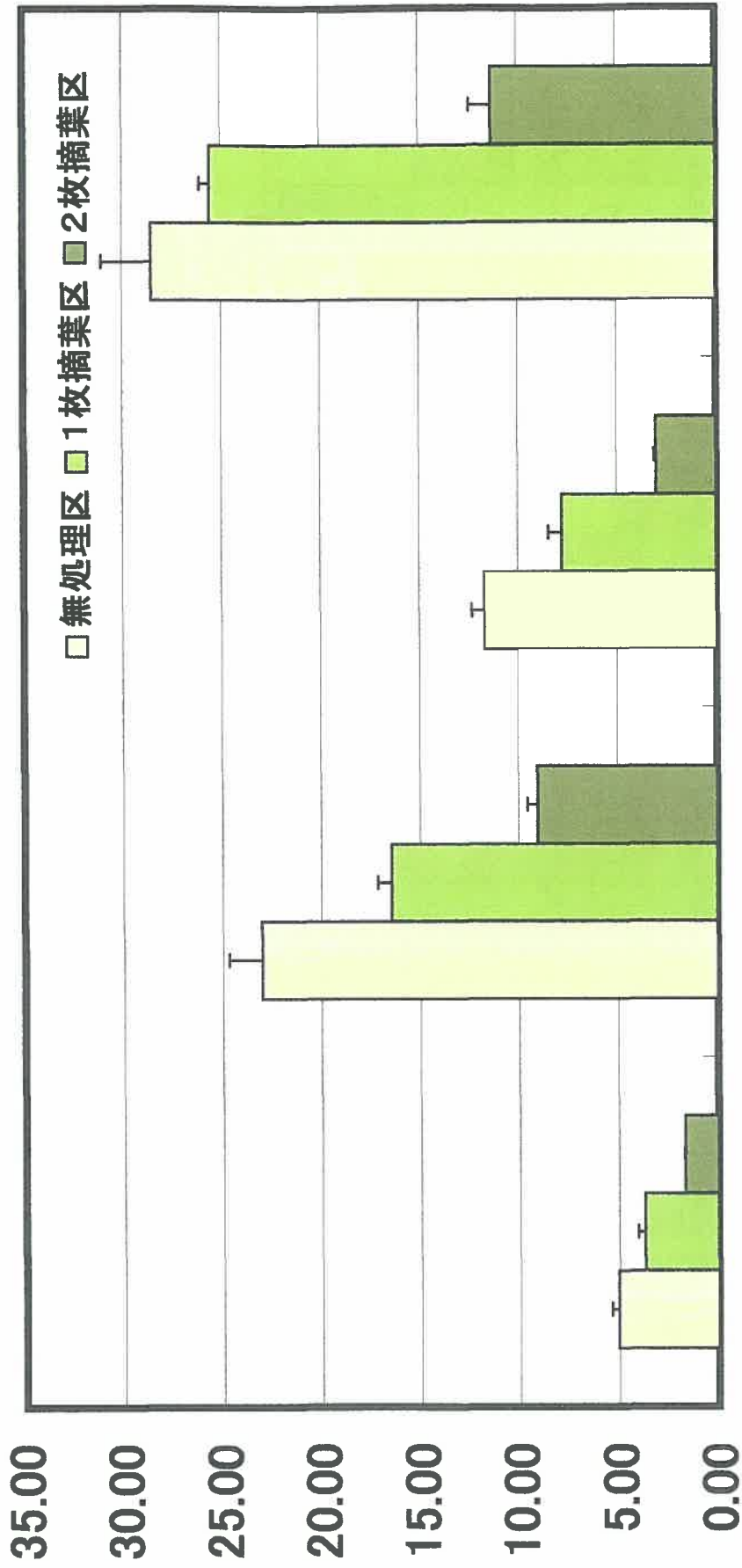
第5-13図 葉切除による収穫時の種子長の変動

(cm²)



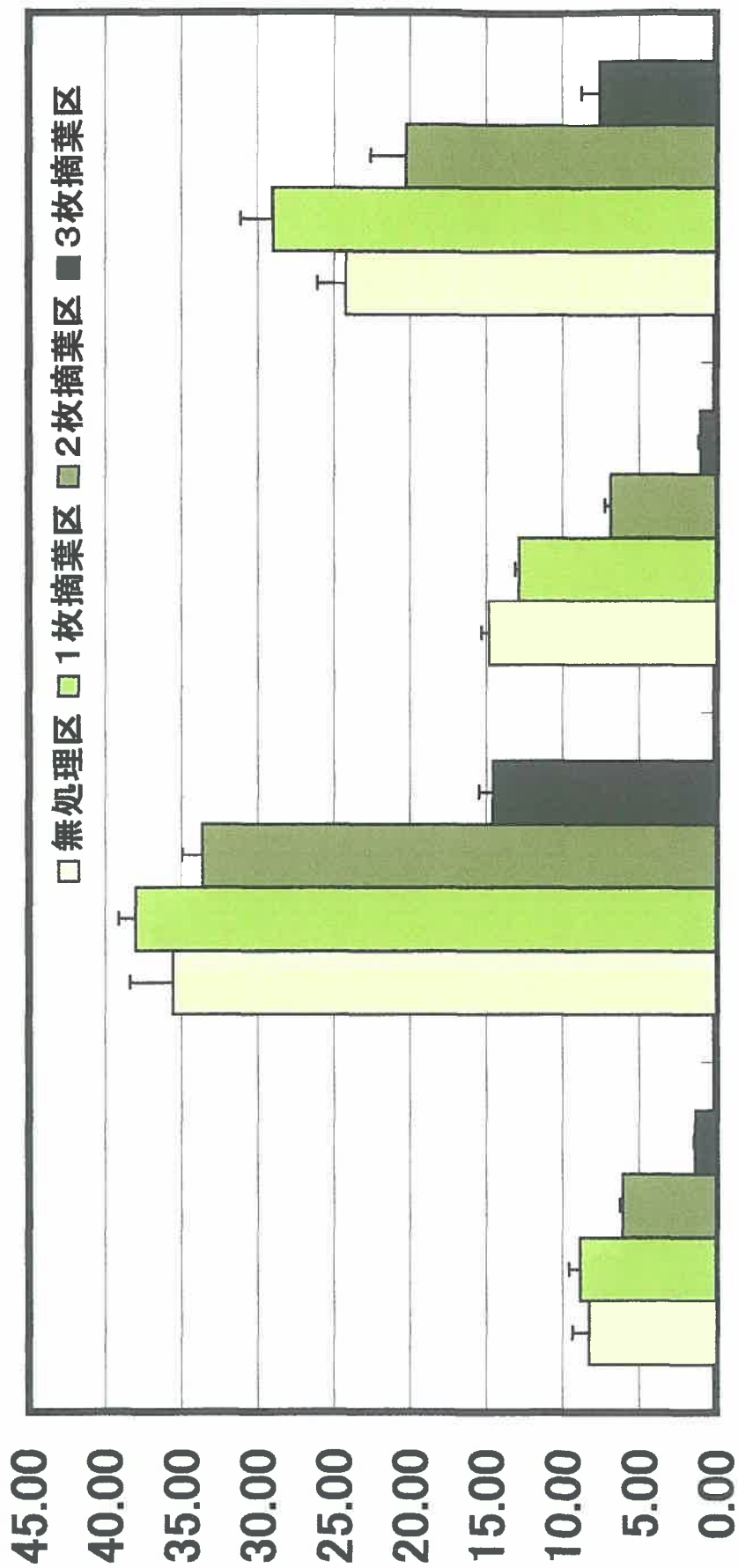
サッポロミドリ 白山ダダチャ 東北70号 ユウヅル
第5-14図 個体当たりの葉切除による葉面積の変動

(g-DW)

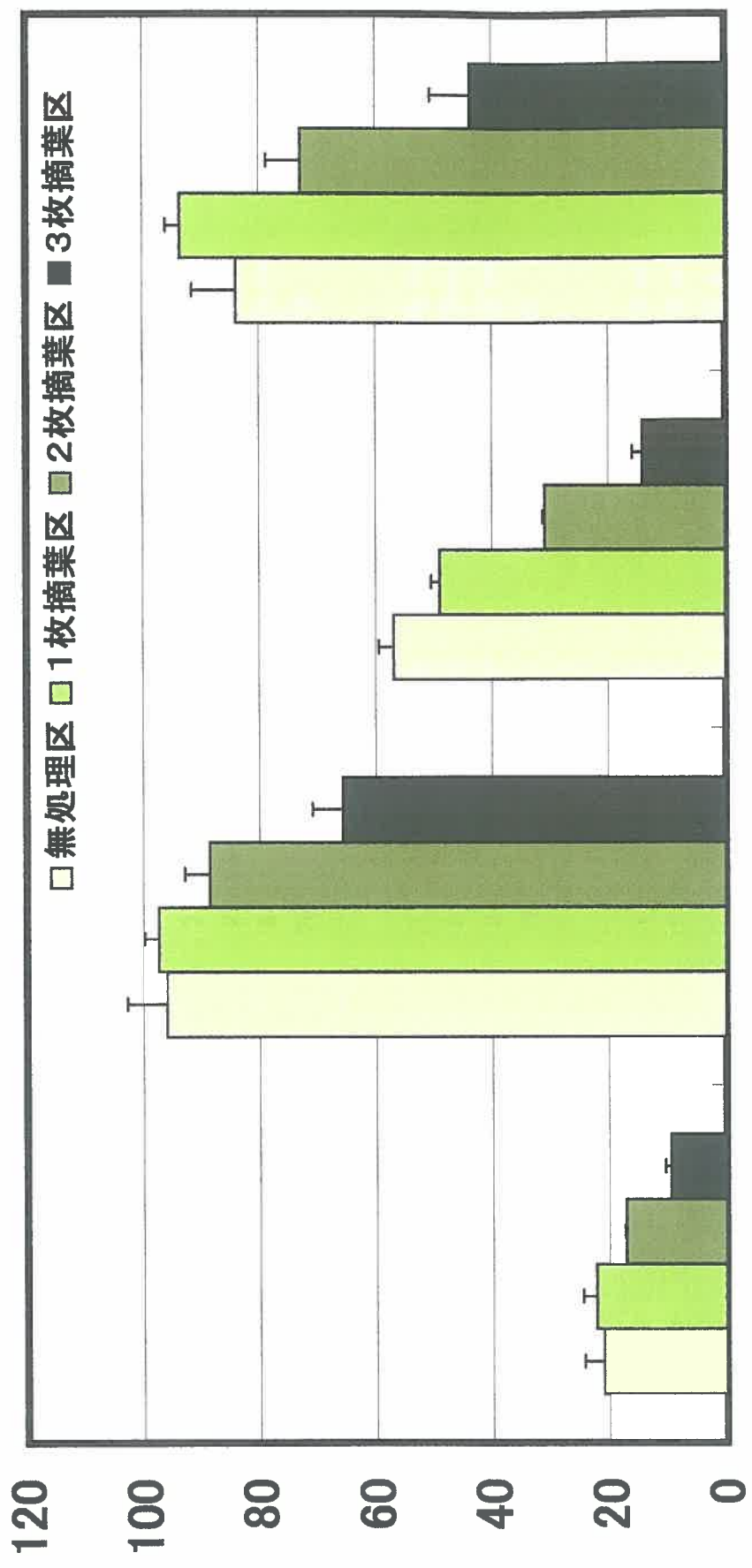


サッポロミドリ 白山タダダチャ 東北70号 ユウヅル
第5-15図 個体当たりの葉切除による葉重の変動

(g・DW)



サッポロミドリ 白山タダチャ 東北70号 ユウヅル
第5-16図 個体当たりの葉切除による種子重の変動

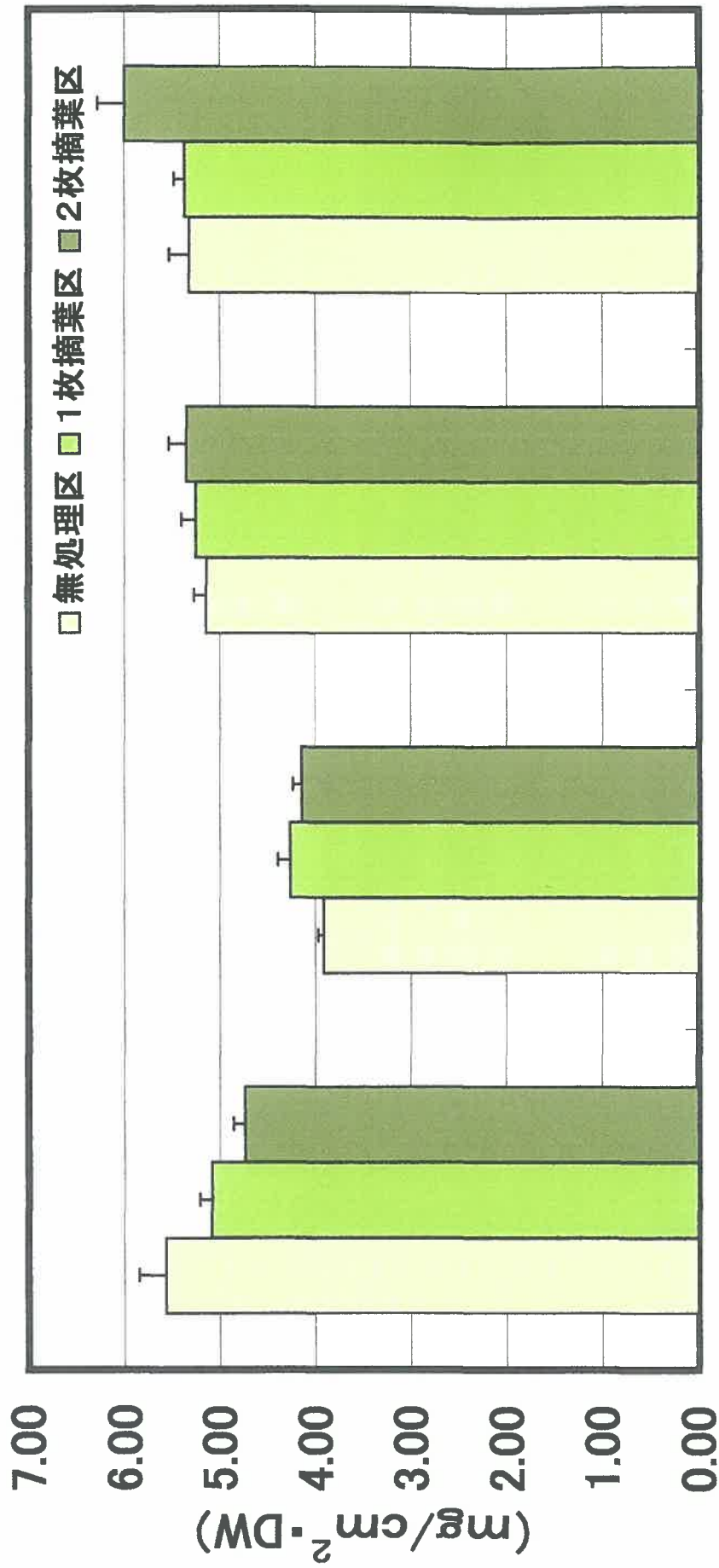


サッポロミドリ 白山タダチャ 東北70号 ユウヅル
 第5-17図 個体当たりの葉切除による莢数の変動

第5-7表 葉面積、葉重および種子重の分散分析結果

	自由度	葉面積 (cm ²)	自由度	葉重 (g·DW)	自由度	種子重 (g·DW)
		平均平方		平均平方		平均平方
全品種						
品種(A)	3	26791134.94 **	3	618.45 **	3	1494.75 **
処理(B)	2	16998496.51 **	2	362.02 **	3	630.80 **
A × B	6	2026326.81 **	6	34.72 **	9	39.91 **
誤差	24	109881.63	24	3.04	32	5.34
枝豆ダイズ品種						
品種(A)	1	49335820.44 **	1	725.25 **	1	3542.86 **
処理(B)	2	6765660.38 **	2	112.91 **	3	296.90 **
A × B	2	3751028.07 **	2	42.31 **	3	82.88 **
誤差	12	83557.94	12	1.86	16	4.97
普通ダイズ品種						
品種(A)	1	29583620.03 **	1	920.82 **	1	775.15 **
処理(B)	2	10808200.89 **	2	269.92 **	3	343.83 **
A × B	2	1752587.61 **	2	41.04 **	3	26.93 *
誤差	12	136205.33	12	4.23	16	5.71

** : 1%有意 * : 5%有意



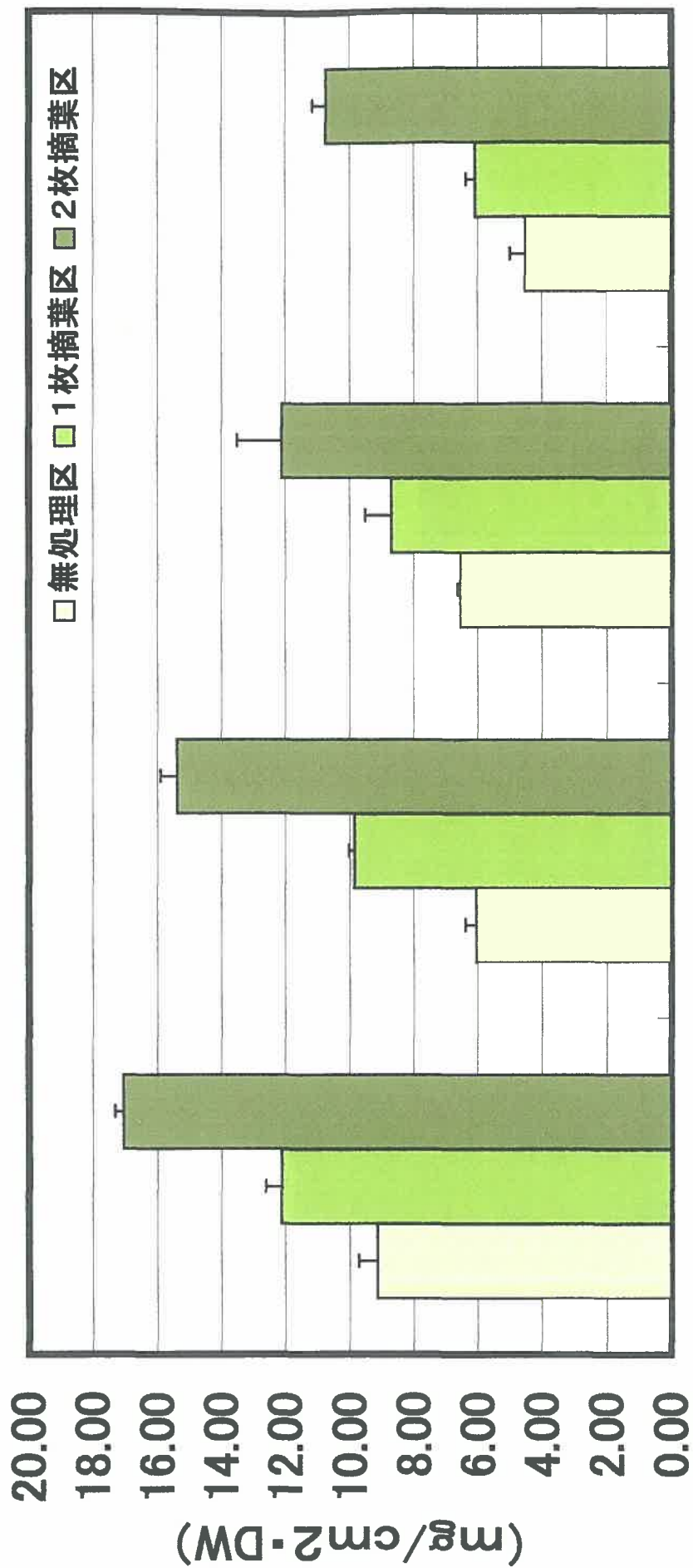
ユウヅル

サッポロミドリ 白山ダダヤ 東北70号
 第5-18図 葉切除による葉重/葉面積の変動

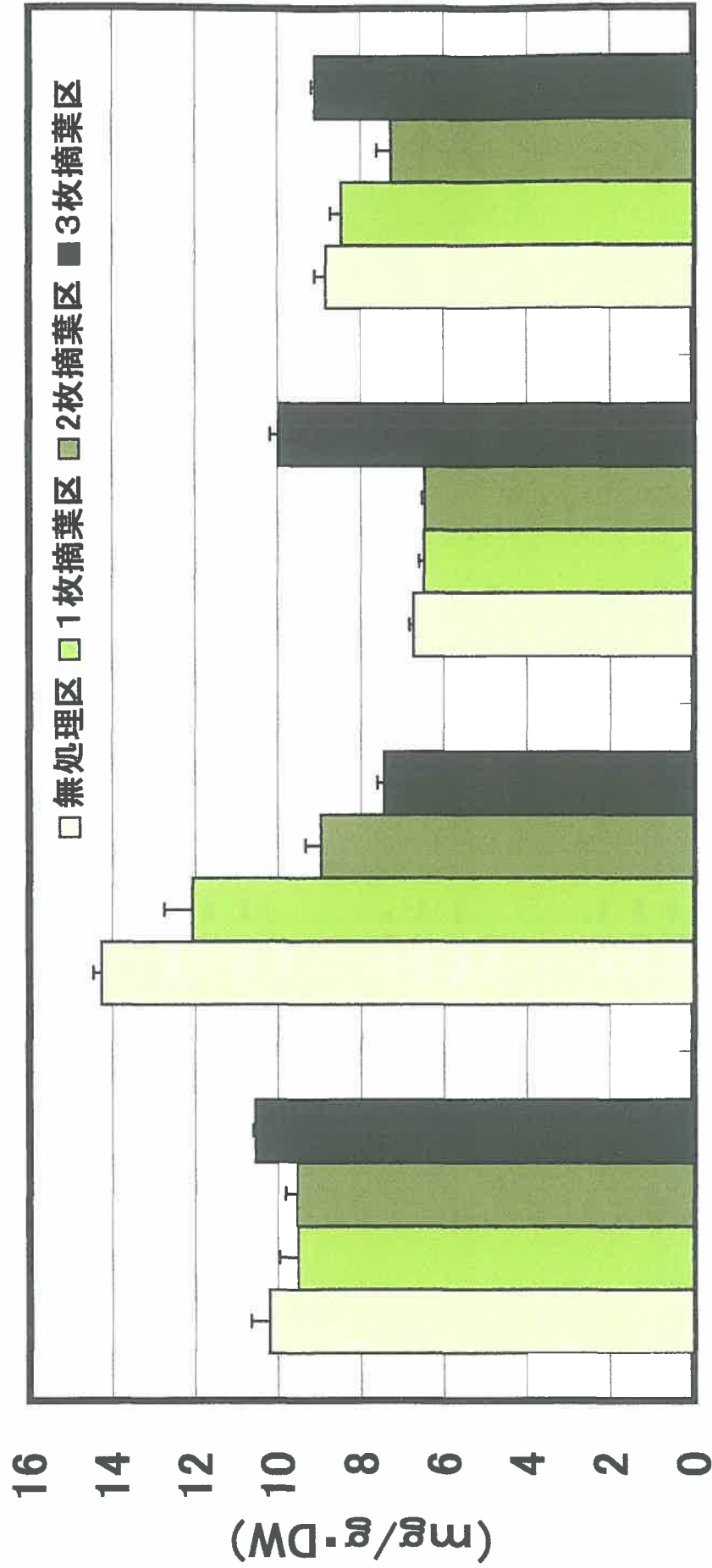
第5-8表 葉重/葉面積および種子重/葉面積の分散分析結果

	葉重/葉面積		種子重/葉面積	
	自由度	(mg/cm ² ・DW) 平均平方	自由度	(mg/cm ² ・DW) 平均平方
全品種				
品種(A)	3	3.61 **	3	50.46 **
処理(B)	2	0.02	2	163.17 **
A×B	6	0.38 **	6	2.35
誤差	24	0.09	24	1.03
枝豆ダイズ品種				
品種(A)	1	4.84 **	1	24.34 **
処理(B)	2	0.16	2	114.09 **
A×B	2	0.53 **	2	0.84
誤差	12	0.07	12	0.53
普通ダイズ品種				
品種(A)	1	0.42	1	19.91 **
処理(B)	2	0.34	2	54.71 **
A×B	2	0.12	2	0.59
誤差	12	0.10	12	1.52

** : 1%有意 * : 5%有意



サッポロミドリ 白山ダガチャ 東北70号 エウヅル
 第5-19図 葉切除による種子重/葉面積の変動



ユウヅル

東北70号

白山ダダヤ

サッポロミドリ

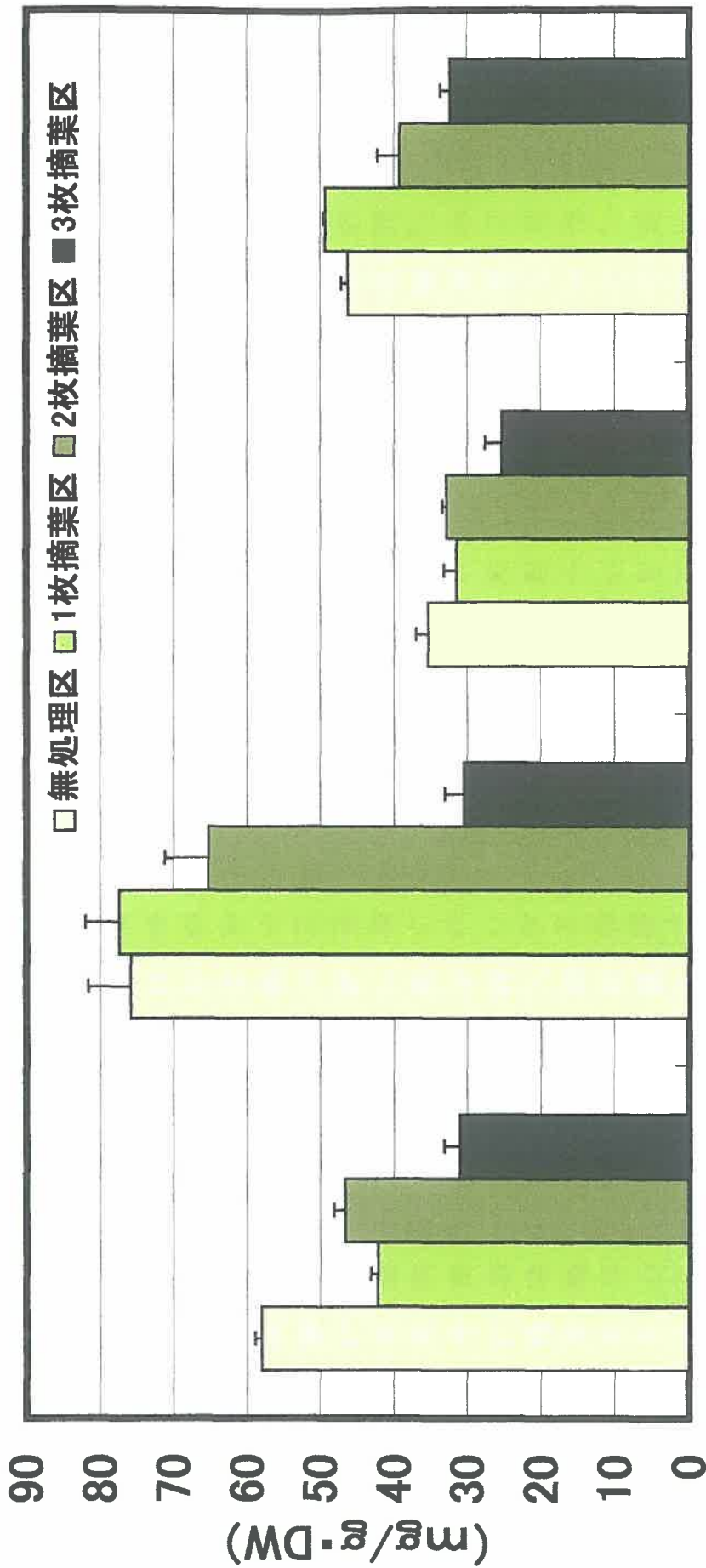
第5-20図 葉切除による水溶性窒素含量の変動

第5-9表 水溶性窒素含量および全糖含量の分散分析結果

	水溶性窒素含量 (mg/g・DW)		全糖含量 (mg/g・DW)	
	自由度	平均平方	自由度	平均平方
全品種				
品種(A)	3	26.34 **	3	1986.91 **
処理(B)	3	7.72 **	3	1346.22 **
A×B	9	10.66 **	9	228.98 **
誤差	32	0.27	32	23.75
枝豆ダイズ品種				
品種(A)	1	3.15 *	1	1900.57 **
処理(B)	3	13.57 **	3	1487.39 **
A×B	3	15.37 **	3	319.61 **
誤差	16	0.42	16	39.08
普通ダイズ品種				
品種(A)	1	6.12 **	1	667.12 **
処理(B)	3	7.89 **	3	184.87 **
A×B	3	2.86 **	3	41.29 *
誤差	16	0.12	16	8.43

** : 1%有意 * : 5%有意

その傾向は枝豆ダイズ品種で強く普通ダイズ品種では弱い（第 5-21 図）。分散分析の平均平方の値は、全品種、品種群すべてにおいて処理と比べると品種の方が大きい値を示した。分散はいずれも有意であった（第 5-9 表）。



サッポロミズドリ 白山ダダチャ 東北70号 ユウヅル
 第5-21図 葉切除による全糖含量の変動

5-4 考察

第2章でダイズの未熟種子について全糖および水溶性窒素含量について分析し、枝豆ダイズ品種と普通ダイズ品種の差異について検討した。その結果、枝豆ダイズ品種で全糖および水溶性窒素含量が高いことを指摘した。また、第3章においては、水溶性窒素成分中の遊離アミノ酸組成を検討した結果、7種類のアミノ酸は未熟種子で高い含量を示すことを解明した。これらの含有物質の含量の差異が品種固有の特性であるか、すなわち遺伝的的特性であるか、環境要因によって変動するかは明らかでなかった。

摘莢処理によるシンク制限によって、葉面積が変わらないが葉重が増えるために葉の厚さ（葉重／葉面積）が厚くなる傾向がある。摘莢による葉の厚さの増加は、葉面積が摘莢期には完成しており変動が少ないため同化産物が葉を充実するように作用したことに起因する。また、単位葉面積当たりの種子量（種子重／葉面積）は無処理区と比べ全ての区で減少する。このことは、葉での同化産物が莢に対して相対的に高くなり、種子量が相対的に低くなり、種子充実に限界があったことによるとみられる。

シンク制限によって、水溶性窒素含量はやや増加する傾向がみられ、全糖含量も増加する傾向がみられた。葉の厚さと種子量からみると両含量はより高くなると考えられる。しかし、分散分析の平均平方の値は、普通ダイズ品種の全糖以外は品種が大きい値を示し有意であっ

た。すなわち、両含量がより高くなるのは、シンク制限による環境的要因よりも遺伝的要因が強く作用していることが原因であると推察された。

摘葉処理におけるソース制限によって、葉の厚さは極早生のサッポロミドリを除いて増加する傾向がある。これは、摘葉に対する補償作用によると推察される。成熟期の短いサッポロミドリはこの作用が機能しなかったとみられる。分散分析の平均平方の値は全品種および品種群間ともに処理が有意ではない。また、単位葉面積当たりの種子生産量は無処理区と比べ全ての区で増加している。これは、ソース制限によって個体当たりの莢数が減少したことにより、種子重も減少しシンク・ソースバランスが崩れたことによるものと推察される。

水溶性窒素含量の変動において白山ダダチャは摘葉処理の度合いに応じて減少、その他の3品種は2枚摘葉区まではやや減少する傾向がある。3枚摘葉区では増加する傾向がみられるのは、茎に貯蔵されていた成分が転流したためとみられる。しかし、水溶性窒素含量が高い白山ダダチャにおいては転流に関する遺伝的作用が弱いと推察される。また、3枚摘葉区において増加したのはソース制限で落莢により個体当たりの種子数は著しく減少したことから、少ないシンクに転流作用により水溶性窒素含量が多く蓄積されたものと考えられる。

全糖含量においてはソース制限が強まるに伴い、減少する傾向がみられた。枝豆ダイズ品種と普通ダイズ品種をみると、全糖含量の減少の傾向に差異は認められなか

った。3枚摘葉区においても、水溶性窒素含量が増加する品種はみられなかった。それゆえ、全糖含量は茎からの補償が少ないか、あるいは補償がないものと考えられる。分散分析の平均平方の値は、水溶性窒素含量においては全品種は品種、品種群間においては処理の方が大きい値を示したがその値の差は僅かである。また、品種、処理に有意差が認められた。全糖含量においては、全品種、品種群間すべてにおいて処理と比べると品種の方が大きい値を示し、有意差が認められた。それぞれ、処理と品種を比べると全糖は普通品種以外は品種の方が大きい値を示し有意であった。ソース制限による変動はあるものの水溶性窒素と比べると、全糖が遺伝的要因が強く作用していると推察された。

シンク・ソースを制限した場合、枝豆に含有する水溶性窒素および全糖量はシンク・ソースバランスの効果は認められるが、遺伝的要因が強く作用していることが推察された。

5-5 摘要

本章では、枝豆品種育成の基礎研究として、枝豆ダイズ品種と普通ダイズ品種を用いて枝豆の水溶性窒素含量および全糖含量のシンク・ソースバランスを解明することを目的とした。すなわち、シンクの関係、およびソースを制限することにより、水溶性窒素含量および全糖含量の変動の品種間差異について検討した。

摘葉処理におけるシンク制限によって、枝豆の水溶性窒素含量はやや増加する傾向がみられ、全糖含量においても増加する傾向がみられた。分散分析の平均平方の値は、処理と品種を比べると全糖の普通品種以外は品種の方が大きい値を示した。

摘葉処理におけるソース制限によって、水溶性窒素含量においては白山ダダチャは摘葉処理の程度に応じて減少していくが、その他の3品種では、2枚摘葉区まではやや減少する傾向があり、3枚摘葉区では増加する傾向がみられた。これは、茎に貯蔵されていた成分が転流したためと推察される。ソース制限が強まるに伴い、全糖含量が減少する傾向がみられた。3枚摘葉区においては、いずれの品種も全糖含量に大きな差が認められなかった。その原因は、成分の茎からの補償が少ないか、補償がないためと考えられる。分散分析の平均平方の値は、水溶性窒素は品種全体でみたとき、品種群では処理の方が大きい値を示したがその値の差は僅かであった。また、品種、処理に有意性が認められた。全糖含量では、品種全体、品種群すべてにおいて処理と品種を比べると品種

の方が大きい値を示した。また、処理と品種を比べると全糖の普通品種以外は品種の方が大きい値を示した。

シンク・ソースを制限した場合、枝豆に含有する水溶性窒素および全糖量はシンク・ソースバランスの効果は認められるが、遺伝的要因が強く作用していることが推察された。

第 6 章 貯蔵条件を変えた場合の枝豆品種 における官能的特性の変動と形質間 相関

6-1 緒言

枝豆は、ダイズの未熟種子を食する「蔬菜型ダイズ」(Vegetable-type soybean) (Yanagisawa et al., 1997)である。枝豆としての収穫期に、生豆を咀嚼して「適当な堅さ」になった段階で収穫する。従って、収穫適期に収穫すれば普通ダイズ品種も蔬菜の一種、すなわち枝豆として食用に供することが可能である。地域によっては、普通ダイズのうち大粒で、柔らかく歯ざわりがよい未熟種子が「枝豆またはツンダ（通常糖分を添加）」として利用されている。しかし、枝豆品種は農家によって旨味、甘味、風味、柔らかさなどを指標として長期間にわたり選抜を受けた系統・品種群であるため、在来種から選抜された品種、または、新たに育成された枝豆品種が市販されている。

これまで枝豆について次の研究をおこなってきた。枝豆の品種・栽培条件と未熟種子の成分含量の関係について、枝豆種子に含有するアミノ酸、全糖、タンパク質およびデンプンと年次間の変動、播種期を変えた場合の変動について検討した（赤澤・福嶋 1991）。また、枝豆の品質評価のについては、完熟種子の形質間相関の関係（赤澤・笹原 1988）、水溶性窒素と全窒素の関係（赤澤・笹原 1990b）、糖含量（赤澤・笹原 1990c）、デンプン含量（赤

澤・笹原 1991a)、脂質含量(赤澤・笹原 1991b)、完熟および未熟種子に含有する窒素含量の品種間差異(赤澤・笹原 1992a)、完熟および未熟種子に含有する糖含量の品種間差異(赤澤・笹原 1992b)、完熟および未熟種子に含有するデンプン含量の品種間差異(赤澤・笹原 1993)、貯蔵による水溶性窒素含量および糖含量の変動(赤澤・笹原 1994)などが検討されてきた。また、播種時期を異にした場合の全糖と水溶性窒素含量の変動(赤澤ら 2000a)およびシンク・ソースバランスと品種特性(赤澤ら 2000b)を検討してきた。ダイズの理化学的特性に関して次のような特性が検討されてきた。すなわち、枝豆ダイズ品種と普通ダイズ品種の完熟段階での種子の吸水特性(赤澤・笹原 1990a)、枝豆ダイズ品種と普通ダイズ品種の異なる生育段階における旨味に關与するアラニン、アスパラギン、グルタミンなど遊離アミノ酸含量の変動(Akazawa et al., 1997、Yanagisawa et al., 1997)、これらのアミノ酸および全糖含量の栽培地域における変動(柳澤ら 1997、Yanagisawa et al., 1998)、水溶性窒素含量とアミノ酸含量の關係(Akazawa et al., 1997)などが検討されてきた。また、食品の冷凍技術が発展するなかで、枝豆に關しても、冷凍枝豆の原材料の前処理が冷凍枝豆の風味と食味に与える影響に關しての研究が、森ら(1976)および増田ら(1988)によっておこなわれている。さらに、生鮮食品として短期間の貯蔵に關しては、ポリエチレン袋に莢付きおよび莖・枝付き枝豆を入れて脱気、窒素ガス封入処理などをおこなって、枝豆の食味品質への影響を検討し

た結果、生鮮食品として貯蔵期間の限界は3日程度であった（岩田・白畑 1979）。しかし、枝豆の生鮮食品としての食味、香りおよび莢色と貯蔵方法の関係および品種間差異に関する研究は必ずしも充分ではない。

本章においては、生鮮食品として市販されている枝豆を食する直前の短期間の貯蔵方法が、食味、香りおよび莢色に与える影響を検討した。

6-2 材料および方法

山形大学農学部附属農場で2000年に慣行の肥培管理で栽培した枝豆ダイズ品種5品種および庄内地方の農家で販売用に栽培されている枝豆ダイズ品種2品種（東北70号、秋田兄）を供試し、参考として附属農場で慣行の肥培管理で栽培した普通ダイズ品種2品種を供試した（第6-1表）。供試した枝豆ダイズ品種は、全て山形県庄内地方の民間において選抜された在来品種である。すなわち、早生ダダチャは平田町砂越地区の極早生系品種（極早生普通ダイズ品種と鶴岡市小真木地域の小真木ダダチャの自然交雑系と推定されている）、白山ダダチャは鶴岡市白山地域の品種、庄内1号は小真木ダダチャの早生系品種、庄内3号は鶴岡市白山地域の白山ダダチャの別名（選抜系統名、品種名）である。また、庄内4号は白山ダダチャの晩生突然変異系統である。甘露も庄内地方の在来種である（甘露コンプレックス（=異種同名）の一系統である）。このように、供試した枝豆品種は、山形県庄内地方の「ダダチャマメ・コンプレックス」から民間において、また地域の種苗会社によって（系統）選抜された品種群である。しかし、これらの品種の完全な来歴をたどることは極めて困難である。なお、庄内1、3、4号は市販品種である。

「枝豆」として食用に供する場合の収穫期は、品種により異なるが、枝豆ダイズ品種の場合は開花後約30～40日、普通ダイズ品種の場合は約40～50日である。本実験では、この期間中に生豆を著者らを含む約10名が咀

第6-1表 供試品種、栽培場所および枝豆収穫日

番号	品種名	栽培場所	収穫日
1	早生ダダチャ	附属農場	7月27日
2	庄内3号	農家A	8月30日
3	白山ダダチャ	農家B	8月30日
4	庄内1号	附属農場	8月4日
5	庄内3号	附属農場	8月15日
6	庄内4号	附属農場	9月6日
7	甘露	附属農場	8月10日
8	東北70号	附属農場	8月11日
9	秋田兄	附属農場	9月7日

附属農場の種播日は5月10日、農家AとBはそれぞれ5月20日と30日。

第6-2表 官能試験における評価方法の例

		貯蔵温度 (5℃)					
評点		5	4	3	2	1	
生貯蔵	莢色	3人	7人	1人	1人	0人	結果
	食味	3人	4人	4人	1人	0人	
5段階評価の各評点の得点 = (各評点を評価したパネル数 / 参加した全パネル数) × 5段階評価の当該評点							
莢色 (5点の場合) :		$(3 / 12) \times 5 = 1.25$					↓
莢色 (4点の場合) :		$(7 / 12) \times 4 = 2.33$					
		貯蔵温度 (5℃)					
評点		5	4	3	2	1	評点計
生貯蔵	莢色	1.25	2.33	0.25	0.17	0.00	4.00
	食味	1.25	1.33	1.00	0.17	0.00	3.75

嚼し、市販の枝豆と同等の「堅さ」になった段階の莢を収穫した。保存には、低密度ポリエチレン製のチャック付き袋（k-4型スマイルチャック、大倉工業株式会社、丸亀市、香川県）を用いた。供試品種の収穫期は、早生ダダチャの7月27日から秋田兄の9月7日で約40日間であった（第6-1表）。「茹で貯蔵」の場合は、収穫後（午前中）直ちに沸騰水で3分間茹でて貯蔵袋に入れ5、15、25℃で24時間貯蔵した。次いで、貯蔵袋に入れた状態で、約1時間室温（25～28℃）に放置し、材料がほぼ同じ温度（約25℃）になった後、官能試験に供した。「生貯蔵」の場合は、収穫後貯蔵袋に入れ5、15、25℃で24時間生貯蔵した後、次いで、貯蔵袋に入れた状態で、約1時間室温（25～28℃）に放置し、材料がほぼ同じ温度（約25℃）になった後、茹で貯蔵の場合と同様に沸騰水で3分間茹で、茹で豆を発砲スチロール製容器に入れ、サラン・ラップで覆い、約1時間室温で放置し、材料がほぼ同じ温度になった後、官能試験に供した。茹で方は、直径70cmの大釜中の沸騰水に、金属かごに入れた枝豆を一斉に投入し、3分間茹でた。なお、「生貯蔵」および「茹で貯蔵」とも、茹でた後、金属かごで水切りし、茹で豆の温度を利用して表面水を除去した。

官能試験のパネリストは年齢20、30、40、50、60才代から各々2～3人とし、合計10～15人とし、2人（男性と女性各1人）は全品種に参加した。官能試験は視覚、臭覚、味覚に関する莢色、香り、食味の順序で3形質について、5段階の絶対評価方式で各品種の収穫時ごとに

おこなった（第 6-2 表）。すなわち、1：悪い 3：やや良い 5：良いとし、2 と 4 はそれぞれ 1 と 3 および 3 と 5 の中間の評価値とした。本実験での食味は旨味、甘味、歯ざわりなどを含む総合的な形質である。パネリストは、市販用の枝豆（本学部附属農場生産）や食味、香りなどの評価および諸形質の遺伝分析のための普通ダイズ品種と良食味枝豆品種（ダダチャマメ）交雑後代（F₄以降）の系統・個体評価において、食味、香りなどの特性検定の訓練を受けている。茹でた枝豆は、室温になった時点で、試料あたり 2～3 分程度で評価をおこなった。なお、貯蔵時間を 24 時間としたのは、25℃での貯蔵の限界が一昼夜であるため、特に茹で貯蔵の場合腐敗が急激に進行した。

試験結果の集約・統計分析などは、エクセル統計 97（Microsoft Excel 97、社会情報サービス社製、東京）によった、なお、相関分析は各測定項目の品種・処理区ごとの評価合計値を用いておこなった。

6-3 結果

炊飯米の食味試験では、パネリスト数は 24 人が必要であると指摘されている（中川・古賀 1979）。本実験では、パネリスト数が 10～15 人であったが、これまでの枝豆の官能試験に関する報告においては、パネリスト人数は明記されていない（岩田・白幡 1979、森ら 1976）か、総数が判然としない（増田ら 1988）。一方、本実験において官能試験に用いた同じ品種の水溶性窒素含量と全糖含量の間に高い相関がみられた。さらに、これら 2 成分含量の品種の順位と官能試験の評価の品種間に類似性がみられた。このことは、官能試験の評価と理科学的特性の間に何らかの関係があることを示唆している。すなわち、良食味品種は、香りの関与する成分、上記 2 含有成分などは品種固有の特性であると推察される。

異なる貯蔵温度条件における生と茹で貯蔵ごとの食味、香り、莢色間の相関関係を第 6-3 表に示した。異なる貯蔵形態（生と茹で）・貯蔵温度（5、15、25℃）の条件下において、食味および香り間で有意の相関関係を示した場合太線で囲った（第 6-3 表）。生貯蔵では莢色は食味および香りと有意の相関関係を示さなかった。ただし、茹で貯蔵した場合の 25℃において、莢色が食味および香りと有意な相関関係を示した（それぞれ $r = 0.813$ 、 0.867 、 $p < 0.01$ ）。

生貯蔵の場合、食味と香りは 5、15、25℃の各温度条件下で有意な正の相関を示した（第 6-3 表と第 6-1 図）。同様の結果は、茹で貯蔵の場合でもえられた（第 6-3 表と

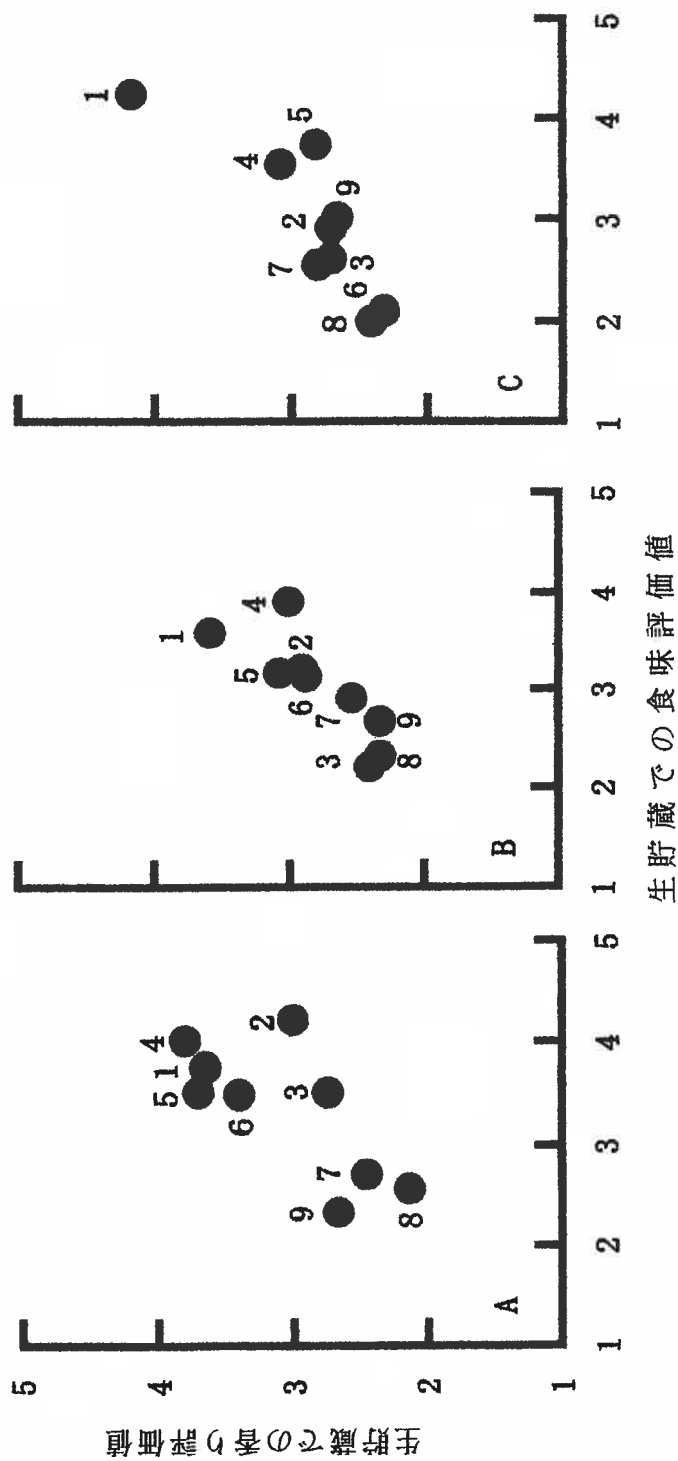
第6-3表 未熟ダイズ種子の食味、香りおよび莢色の評価値の相関係数

	01 (生食05)	02 (生食15)	03 (生食25)	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
04 生香05	0.720														
05 生香15		0.824													
06 生香25			0.843												
07 生莢05	-0.009			0.310											
08 生莢15		0.138			0.115										
09 生莢25			0.303			0.238									
10 茹食05	0.562			0.807			0.432								
11 茹食15		0.743			0.864		-0.094								
12 茹食25			-0.181			-0.475		-0.566							
13 茹香05	0.310			0.728			0.579			0.939					
14 茹香15		0.726			0.779		0.006			0.951					
15 茹香25			-0.335			-0.535					0.934				
16 茹莢05	0.227			0.439			-0.160			0.225			0.131		
17 茹莢15		0.338			0.226		-0.442			0.425				0.487	
18 茹莢25			-0.281			-0.374		-0.666			0.813				0.867

'生'：生貯蔵、'茹'：茹で貯蔵、'食'：食味評価、'香'：香り評価、'莢'：莢色評価、'05、15、25'：貯蔵温度(℃)。

S：腐敗した品種番号1の早生ダダチヤを除いた場合、 $r = 0.840$ 。

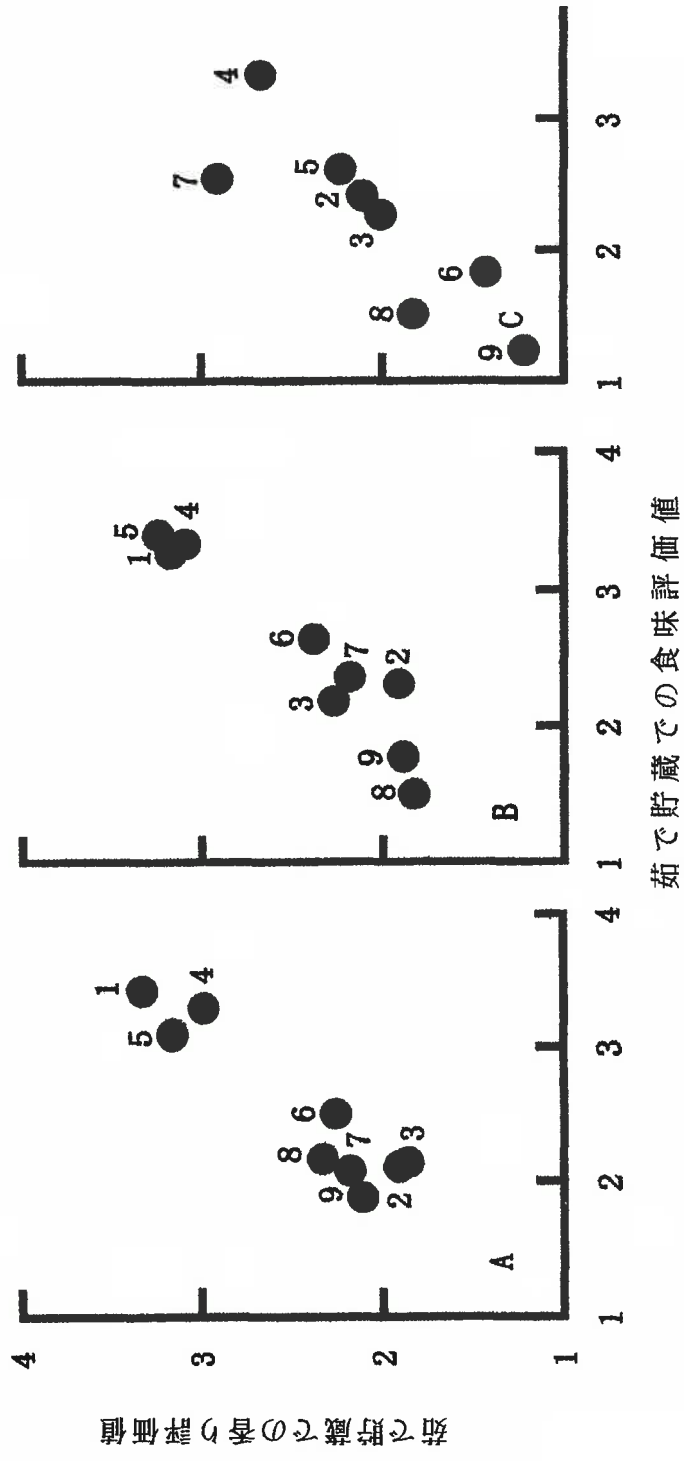
有意水準は、 $0.666; P < 0.005$ 、 $0.798; P < 0.01$ 。



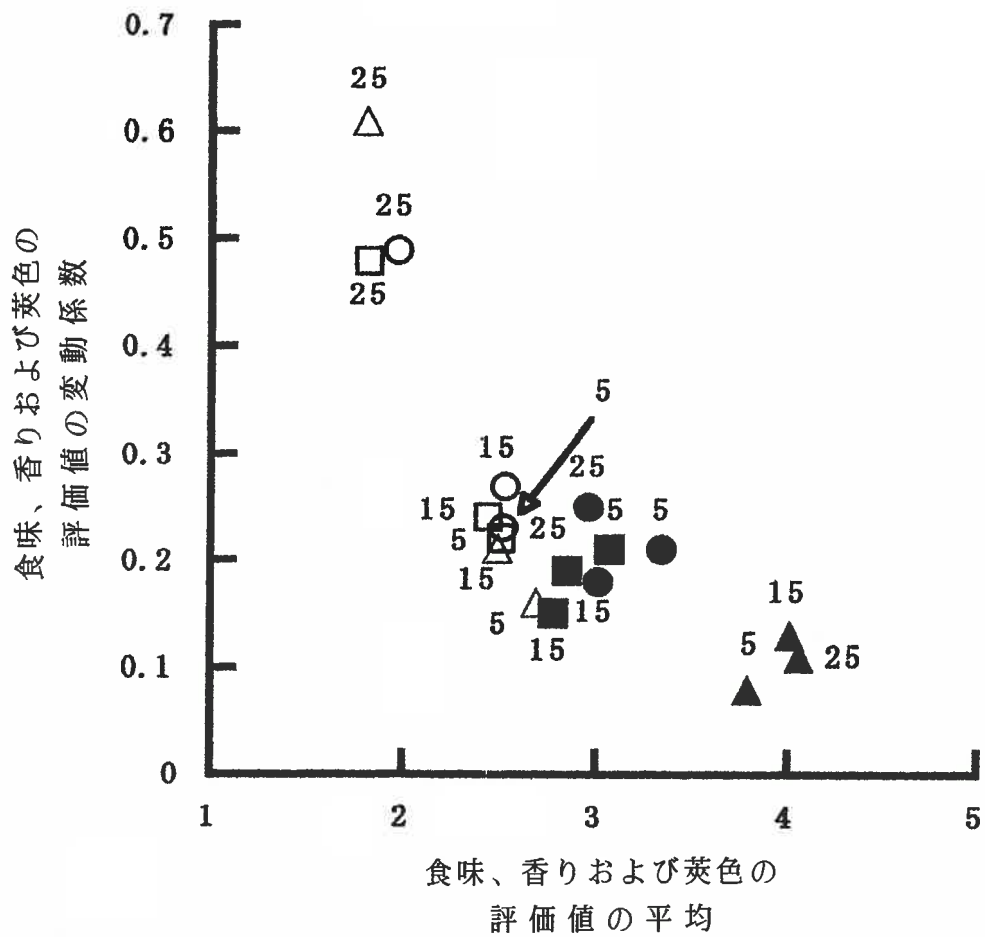
第6-1-1図 生貯蔵した場合の食味と香りの変動
貯蔵温度
A: 5°C、B: 15°C、C: 25°C
品種番号と品種名は、第6-1表に示した。
相関係数は第6-3表に示した。

第 6-2 図)。品種間の特徴をみると、品種番号 1、4、5 (附属農場栽培の早生ダダチャ、庄内 1 号、庄内 3 号) の 3 品種が、25℃での茹で貯蔵の場合を除いて、生・茹で貯蔵のいずれにおいても、さらに 3 温度区を通じて高い食味および香りの評価値を得ている (それぞれ、 $t=7.641$ 、と 6.326 、ともに $df=51$ 、 $p < 0.001$)。さらに、生と茹で貯蔵を比較すると、茹で貯蔵における食味と香りの評価値は、生貯蔵に比較して、5 段階絶対評価の 1 ランク低い評価を受ける傾向があった (食味： $t=3.786$ 、香り $t=3.687$ ともに $df=51$ 、 $p < 0.001$)。貯蔵形態は茹で貯蔵より生貯蔵が食味と香りを保持する上で有利であることを示唆している。この傾向は、生と茹での 2 貯蔵形態における食味と香りおよび莢色の 3 形質について、3 貯蔵温度ごとの 9 品種番号間の平均値と変動係数の関係 (第 6-3 図) にも示される。特に、茹で貯蔵では食味、香りおよび莢色とも、25℃において品種間で変動が大きいことを示している。一方、生貯蔵の場合の莢色は貯蔵温度に関係なく品種間の変動が小さい (第 6-3 図)。

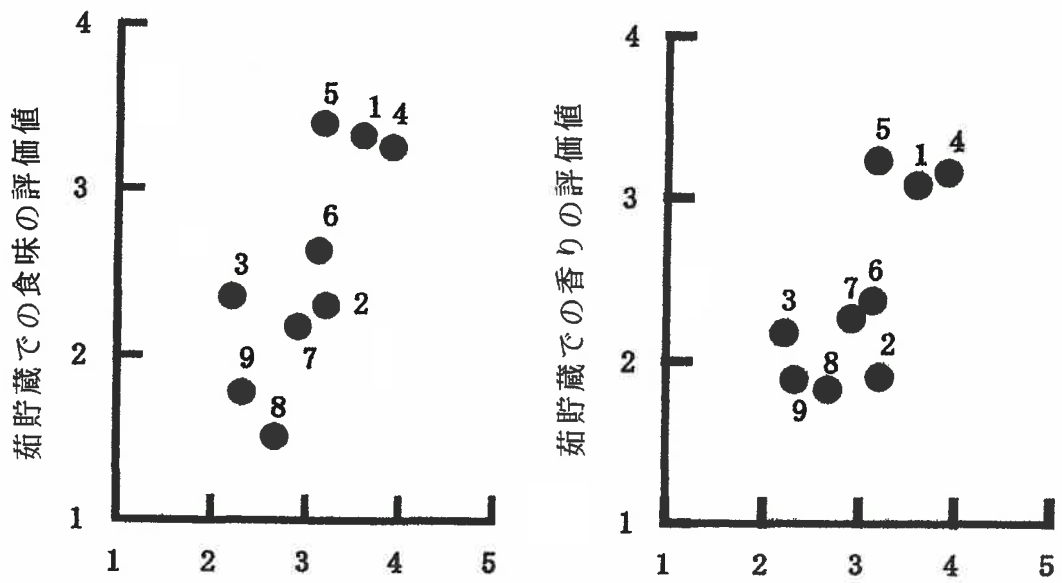
生と茹で貯蔵を比較した場合、食味と香りおよび莢色の関係は 15℃でのみ有意の正の相関となった (第 6-3 表と第 6-4 図)。このような貯蔵形態の異なる場合の食味相互間の品種間差異と食味と香りの品種番号間差異においても、1、4、5 の 3 品種は高い評価値を得ている。さらに、貯蔵形態が違った場合、5、15℃で生貯蔵香りが茹で貯蔵の食味および香りと有意の正の相関を示した (第 6-3 表と第 6-5 図)。この場合においても、1、4、5



第6-2図 茹で貯蔵した場合の食味と香りの変動
 品種番号と品種名および貯蔵温度(A、B、C)は第6-1表と第6-1図に示した。
 Cにおける品種番号1の早生ダダチヤは、腐敗したため、評価から除外した。
 相関係数は第6-3表に示した。

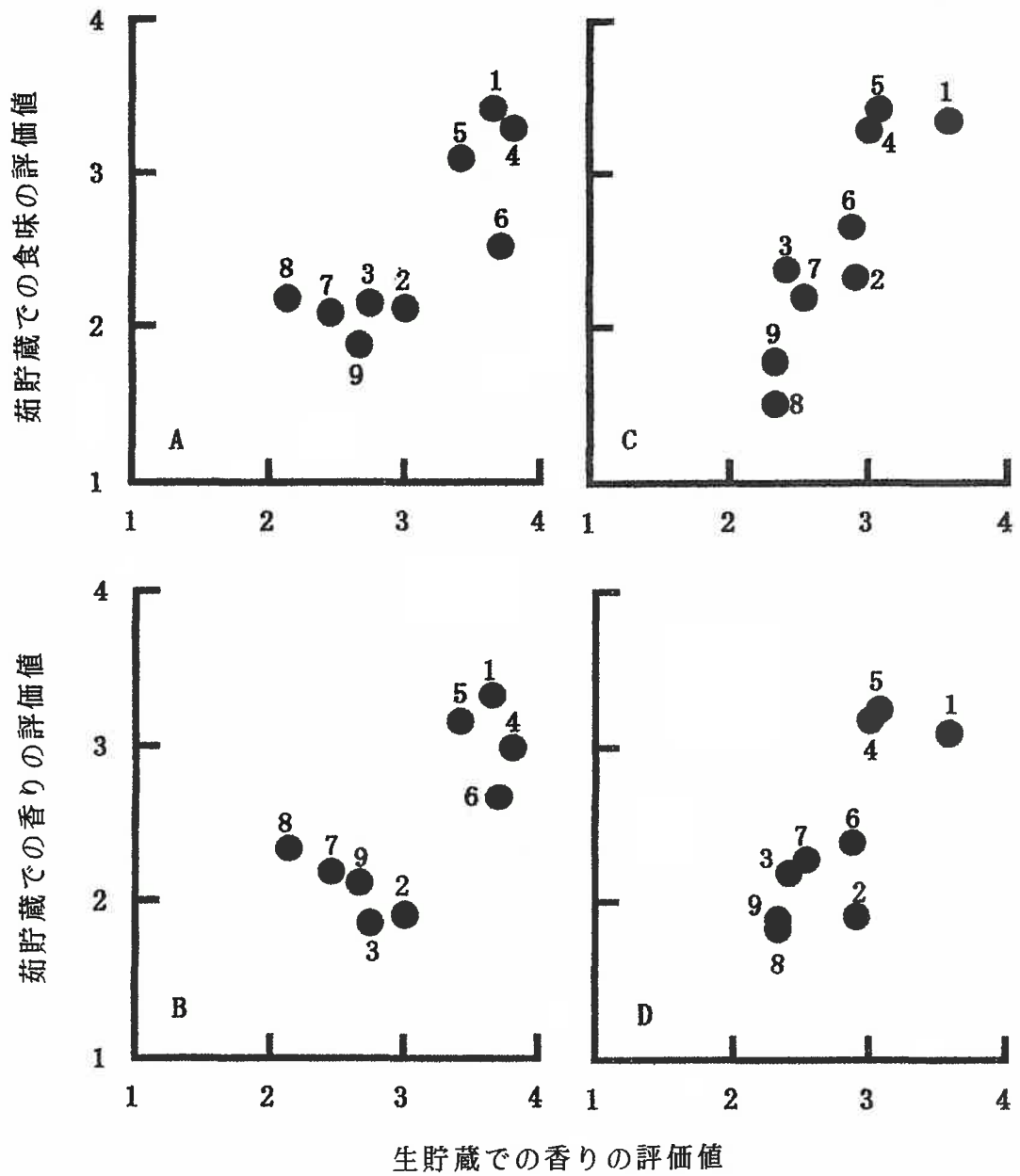


第6-3図 貯蔵形態を異にした場合の食味、香りおよび莢色の評価値の平均と変動係数
 黒染め抜きは生貯蔵、白抜きは茹で貯蔵
 図中の数字は貯蔵温度
 ●と○：食味、■と□：香り、▲と△：莢色



生貯蔵での食味の評価値

第6-4図 貯蔵形態を異にした場合の食味と香りの変動
 貯蔵温度は、15℃。
 品種番号と品種名は第6-1表に示した。



第6-5図 貯蔵形態および貯蔵温度を異にした場合の食味と香りの変動
 品種番号と品種名は第6-1表に示した。
 AとB：貯蔵温度5℃、CとD：貯蔵温度15℃。

の 3 品種は 1 群を形成し、食味と香りの高い評価値を得ている。

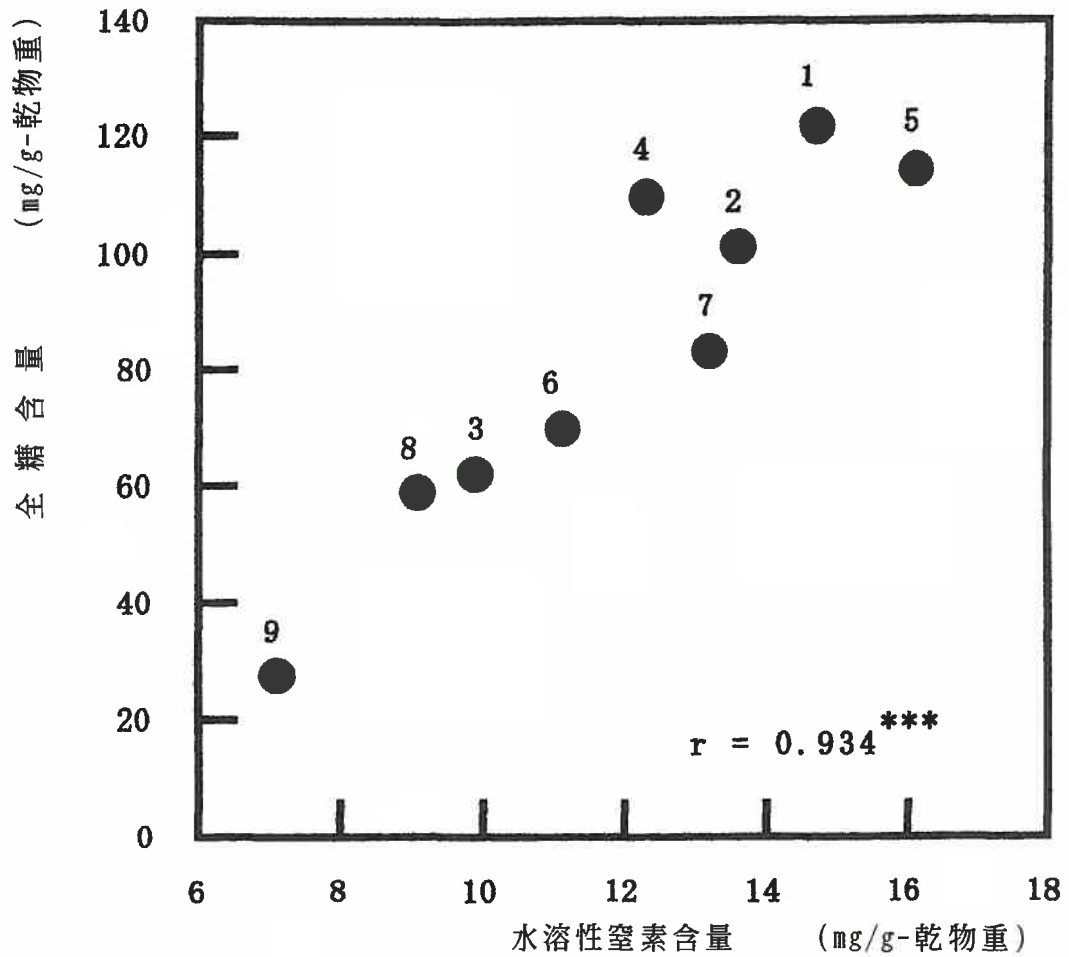
6-4 考察

枝豆ダイズ品種と普通ダイズ品種の官能特性を比較すると、前述のように山形大学農学部附属農場で栽培した早生ダダチャ（品種番号 1）、庄内 1 号（品種番号 4）、庄内 3 号（品種番号 5）が食味および香りの高い評価値を示した。これに対して、普通ダイズ 2 品種は上記 3 品種以外の枝豆品種より食味と香りとも低い評価値を示した（食味： $t=2.822$ 、 $p < 0.01$ 、香り： $t=2.023$ 、 $p < 0.05$ 、ともに $df=34$ ）。さらに、栽培地域と品種特性の関係に関して検討すると、庄内の農家(A)から採取した庄内 3 号（品種番号 2）の食味と香りの評価値は山形大学農学部附属農場で栽培した庄内 3 号（品種番号 5）に比較して低い値を示した。すなわち、枝豆の食味と香りの 2 形質は栽培地域の変化（栽培時期、肥培管理、土壌および気象条件など）で変動することを示唆している。このことは、栽培地が異なった場合、全糖と水溶性窒素含量は枝豆ダイズ品種が普通ダイズ品種より変動が大きい値を示す結果（柳澤ら 1997；Yanagisawa et al., 1998）と類似した結果である。しかし、柳澤ら（1997）および、Yanagisawa et al.,（1998）の結果は、異なる県での全糖と水溶性窒素含量の品種間差異である。一方、本研究は、同じ庄内地域から採取した枝豆品種間の食味と香りの違いであり、さらに供試品種間の差異も同じ「庄内 3 号」の品種内の差異である。これらの結果は、食味に関与すると推定される遊離アミノ酸、アスパラギン、グルタミンなどを主要な成分とする水溶性窒素含量（Akazawa et al., 1997；Yanagisawa et al., 1997）

および全糖などの含有成分と食味と香りのような官能特性との関係を、品種間差異を含めてより詳細に検討する必要のあることを示唆している。

収穫直後の未熟種子の水溶性窒素含量と全糖との関係を第 6-6 図に示した。水溶性窒素含量を構成している主な成分は、アラニン、アスパラギン、グルタミンなど旨味、甘味に関係している遊離アミノ酸である (Akazawa et al., 1997 ; Yanagisawa et al., 1997)。水溶性窒素含量は、全糖含量と高い正の相関関係を示した。水溶性窒素含量と全糖含量 (それぞれ、約 16 および約 120 mg / g - 乾物重) を高い水準で含有する品種は、食味と香りの高い評価値を得た早生ダダチャ (品種番号 1)、庄内 1 号 (品種番号 4) および庄内 3 号 (品種番号 2、5) の 3 品種である。なお、異なる場所で栽培した庄内 3 号 (品種番号 2、5) は、2 成分含量がともに比較的高い値を示した。しかし、異なる貯蔵形態と貯蔵温度で貯蔵した場合の食味と香りの評価値は、必ずしも高い評価を得なかった。このことは、食味と香りのような官能特性には含有成分以外の特性が影響していることを示唆している。

現在、日本で栽培している枝豆品種は在来種が多い (笹原 2000b)。在来種は自家用の食料として家庭菜園で栽培されてきたため、主として生鮮食品として食用に供されたと推察される。商品として流通するようになった現在でも地方都市では生鮮食品として自家消費される場合が多い (笹原 2000a)。流通している場合も国内産枝豆は、生鮮食品として販売されていると推察される。しかし、



第6-6図 材料採取時の未熟種子の水溶性窒素含量と全糖含量の関係
 品種番号と品種名は第6-1表に示した。
 標準誤差(3反復)は、記号内にある。
 *** : 0.1%水準で有意

日本の枝豆消費量は約 15 万トンに達し、そのうち約半分の 7 万トンが輸入されている（笹原 2000a）。輸入枝豆のほとんどは何らかのかたちの冷凍型食品であるとみられる。冷凍枝豆の食味におよぼす冷凍前の処理の影響については森ら（1976）および増田ら（1988）によって報告されている。今後、冷凍枝豆の解凍方法・調理方法などと官能特性の関係を検討する必要がある。さらに、本研究は、貯蔵に低密度ポリエチレン袋を使用した。しかし、一般に使用する（冷凍）低温保存には、各種の保存袋が開発・市販され、広く使用されている。従って、枝豆品種と各種の保存袋の組み合わせで、異なる貯蔵条件における食味、香りおよび莢色などの官能特性の変動について検討する必要がある。なお、本実験で 25℃の貯蔵温度で「腐敗」が観察されたが、各種の貯蔵方法を検討する上で、鮮度保持の方法の検討とともに、品質劣化・腐敗などに関与する各種細菌の経時的変動を検討する必要がある。

6-5 摘要

本章では、収穫後の枝豆の貯蔵形態（生と茹で）および貯蔵温度を変えた場合の食味、香り、莢色の変動および3形質の品種間差異を検討した。

材料は、枝豆ダイズ品種7品種と普通ダイズ2品種を供試した。圃場で生豆状態で咀嚼し、市販の枝豆と同等の「堅さ」になった段階で収穫した。生貯蔵の場合は、収穫後低密度ポリエチレン袋に入れて5、15、25℃で24時間貯蔵した。茹で貯蔵の場合は、収穫後沸騰水で3分間茹で同様に貯蔵した。その後、生貯蔵の材料は沸騰水で3分間茹で、茹で貯蔵の材料とともに食味、香りおよび莢色に関して、10～15人のパネリストによる5段階評価によって、絶対評価をおこなった。

生および茹で貯蔵とも、3貯蔵温度で食味と香りは高い有意の相関を示し、両形質に関して品種間差異が存在した。生貯蔵の場合、5、15℃貯蔵で香りは茹で貯蔵の場合の食味（それぞれ、 $r = 0.807$ 、 0.864 、 $p < 0.01$ ）および香り（それぞれ、 $r = 0.728$ 、 0.778 、 $p < 0.05$ ）と有意な相関関係を示し、この貯蔵温度で食味と香りに関して品種間差異が存在した。

生貯蔵の場合の食味は、茹で貯蔵の食味および香りと15℃貯蔵で（それぞれ、 $r = 0.743$ 、 0.726 、 $p < 0.05$ ）有意な相関関係を示し、この貯蔵温度で食味と香りに関して品種間差異が存在した。

これらのことから、本実験の貯蔵温度の範囲では、生と茹で貯蔵とともに食味と香りに関して品種間差異が存

在することが明らかにされた。ただし、生と茹で貯蔵では、生貯蔵における食味、香りが茹で貯蔵の場合より1ランク高く評価される傾向が（食味： $t = 3.786$ 、香り： $t = 3.687$ ともに $df=51$ 、 $p < 0.001$ ）。また、茹で貯蔵の25℃の場合、莢色は食味および香りと相関を示した（それぞれ、 $r = 0.813$ 、 0.867 、 $p < 0.01$ ）。

総合論議

枝豆の品質評価に関する基礎研究として、未熟種子を野菜として食する枝豆ダイズと完熟種子を穀物として扱う普通ダイズを供試し次の点を検討した。1) 種子の吸水特性、食味形質に関係すると考えられる全糖と遊離アミノ酸含量の変動について、2) 全糖と水溶性窒素含量、3) 水溶性窒素と遊離アミノ酸含量の特性、4) 播種期を異にした場合の含量の変動、5) シンク・ソースバランスの変動と含有成分量の変動、6) 貯蔵条件と官能特性の変動について検討した。

枝豆ダイズ品種を含む 121 品種・種類のダイズの完熟種子の吸水特性について検討した。吸水測定値としては、種皮および子葉の乾物重当たり吸水率、種子体積当たりの吸水率および抱水率を測定した。さらに、完熟種子を 52 時間にわたって浸透し、定期的に重量を測定し、各測定時間と対応する吸水種子重の回帰曲線（完熟種子の吸水速度）を求めた。これら 5 つの吸水特性値で判別分析した結果、枝豆ダイズ品種群と普通ダイズ品種群が判別された。誤判別は枝豆ダイズは 35 品種・種類中 9 品種（25.7%）、普通ダイズは 86 品種中 7 品種（8.1%）であった。完熟種子の段階でも枝豆ダイズ品種群と普通ダイズ品種群は、種子内において吸水に関与するとみられる含有物質（糖類、アミノ酸など）の量および種子の組織構造が吸水特性に関係していることが示唆された。な

お、枝豆ダイズ品種の誤判別率が高いのは普通ダイズが枝豆として利用され、収穫の段階で普通ダイズが枝豆として分類されたことによると推察される。枝豆ダイズ品種 30 品種、枝豆ダイズ品種(ダダチャマメ)品種・種類 20 種、普通ダイズ品種 86 品種の未熟種子と完熟種子を供試し、枝豆の食味に関与していると考えられる全糖と大部分が遊離アミノ酸と推定される水溶性窒素含量を分析した。未熟種子の場合、枝豆ダイズ品種群は普通ダイズ品種群と比べ、全糖と水溶性窒素含量ともに多い範囲に分布し、これら 2 つの含有成分間に正の相関がみられた。このことは、簡単に測定できる水溶性窒素含量が、枝豆ダイズ品種と普通ダイズ品種を判別する一つの指標になりえることを示唆している。完熟段階では、枝豆ダイズ品種群の 2 つの含有成分含量は減少し、普通ダイズ品種群と変わらない範囲に分布する傾向がみられた。完熟種子では、枝豆ダイズと普通ダイズ品種群間の全糖と水溶性窒素含量の分布範囲の差が明確ではないことから、この 2 つの含有成分では枝豆ダイズと普通ダイズ品種を判別することができなかつた。上述の吸水特性に関与する物質は、全糖と水溶性窒素ではなく、この 2 成分以外の他の含有物質が種子の組織構造とともに吸水特性の差異に関係していることが推察される。

枝豆ダイズの未熟種子で水溶性窒素含量が高い傾向にあった結果をふまえて、枝豆ダイズ品種 10 品種、普通ダイズ品種 13 品種の水溶性窒素含量と遊離アミノ酸との関係を検討した。水溶性窒素の大部分が遊離アミノ酸

と推定したが、ダイズの未熟種子において、遊離アミノ酸と水溶性窒素は高い正の相関を示した。これらの相関を利用すれば、水溶性窒素含量が上述のように多数のダイズの品種・系統の検索と枝豆品種改良における系統選抜の簡易な指標となりえると推察される。また、遊離アミノ酸のうち、アスパラギン、アラニン、グルタミン酸、アルギニン、セリン、ヒスチジンおよびバリンの7種類のアミノ酸は、未熟段階で普通ダイズ品種よりも枝豆ダイズ品種で高い含量を示した。特に、呈味性のアスパラギン、アラニン、グルタミン酸が高い傾向があった。これら7種類の遊離アミノ酸を用いて判別分析した結果、枝豆ダイズ品種と普通ダイズ品種の2品種群が判然と識別された。すなわち、枝豆の水溶性窒素含量に占める食味に関与するアミノ酸含量が多いことが注目される。

ダイズを年次および播種時期を異にして栽培し、含有成分の環境要因による変動について比較・検討した。また、含有成分の変動が食味にどのように影響するか検討した。枝豆ダイズ品種4品種、普通ダイズ品種4品種を供試し、3年次間、播種日を4月25日から7月10日まで15日間隔で6回播種した。未熟種子の全糖と水溶性窒素含量ともに、普通ダイズ品種よりも枝豆ダイズ品種で高い含量を示した。さらに、これらの成分の播種時期間、年次間および品種間の変動は有意であった。変動は品種間で最も大きく、年次間、播種時期間で小さな傾向がみられた。水溶性窒素含量、全糖含量および遊離アミノ酸含量と枝豆の官能特性について検討した。全品種間

で食味とこれらの含有成分含量の間で有意な正の相関があったことから、これらの成分含量が枝豆の食味に影響する要因の一つであることが示唆された。すなわち、枝豆の食味に関する含有成分の変動は播種時期および年次間などの環境要因よりも、品種固有の遺伝的要因に起因することが推察された。今後播種時期を変えた場合の経済的収量について検討し、栽培期間を延長することを検討していく必要がある。

枝豆ダイズ品種2品種、普通ダイズ品種2品種を供試し、シンクを制限する莢切除処理栽培をおこない、全糖と水溶性窒素含量の変動を検討した。莢切除処理の場合、全糖は増加し、水溶性窒素含量はやや増加の傾向にあった。分散分析の結果、処理と品種では品種の方が大きい分散値を示し有意であった。ソースを制限する摘葉処理栽培をおこない、全糖と水溶性窒素含量の変動を検討した。水溶性窒素含量は「白山ダダチャ」は3枚摘葉区までソース制限の度合いに応じて減少の傾向がみられたが、「サッポロミドリ」、「東北70号」、「ユウヅル」で2枚摘葉区まではやや減少する傾向を示し、3枚摘葉区では増加する傾向がみられた。全糖含量はソース制限が強まるに伴い減少する傾向がみられた。分散分析の値は、水溶性窒素含量は全品種では品種に比べ処理の方が大きい値を示したが、その差は僅かであるが有意であった。全糖含量では、全品種および品種群間において処理と品種と比べると、品種が大きい分散値を示し有意であった。シンク・ソースを制限した場合、枝豆に含有する水溶性

窒素含量および全糖含量はシンク・ソースバランス制限の効果は認められるが、遺伝的要因がより強く作用していることが推察された。

ダダチャマメ品種6品種、普通ダイズ品種2品種を供試し、枝豆の収穫後の貯蔵形態および貯蔵温度を変えた場合の食味、香り、莢色の変動および3形質の品種間差異を検討した。生および茹で貯蔵とも、食味と香りおよび莢色についてパネリストによる5段階評価法によって、絶対評価をおこなった。生および茹で貯蔵とも、3貯蔵温度で食味と香りは高い有意な相関を示し、両形質に関して品種間差異が存在した。生貯蔵の場合、5と15℃貯蔵で香りは茹で貯蔵の場合の食味および香りと有意な相関関係を示し、この貯蔵温度で食味と香りに関して品種間差異が存在した。生貯蔵の場合の食味は、茹で貯蔵の場合の食味および香りと15℃貯蔵で有意の相関関係を示し、この貯蔵温度で食味と香りに関して品種間差異が存在した。これらのことから、本実験の範囲では、生および茹で貯蔵ともに食味と香りに関して品種間差異が存在することが示された。ただし、生と茹で貯蔵では、生貯蔵における食味、香りが茹で貯蔵の場合より1ランク高く評価される傾向がみられた。また、茹で貯蔵の25℃の場合、莢色は食味および香りと相関を示した。一般的に良食味とされ、また収穫時の全糖と水溶性窒素含量が高いダダチャマメ3品種で食味および香りの官能試験で高い評価値をえている。また、普通ダイズ2品種で2成分の含量が少なく、食味および香りで低い評価値をえ

ている。

以上の結果から、次のように結論できる。1)ダイズの未熟種子に含有する全糖と遊離アミノ酸は、枝豆ダイズ品種群と普通ダイズ品種群を比べると、枝豆ダイズ品種群に多く含まれ、完熟すると少なくなり普通ダイズ品種と変わらなくなる。2)このことと関連して、完熟種子の吸水特性で枝豆ダイズ品種群と普通ダイズ品種群が判別されたのは、含有する全糖と遊離アミノ酸ではないことが示唆される。3)水溶性窒素含量と遊離アミノ酸含量は未熟種子において、高い正の相関を示した。これらの相関を利用すれば、水溶性窒素含量が多数のダイズの品種・系統の検索と枝豆品種改良における遊離アミノ酸の多い系統選抜の簡易な指標となりえる。アミノ酸のうち、7種類（アスパラギン、アラニン、グルタミン酸、アルギニン、セリン、ヒスチジン、バリン）の遊離アミノ酸は、未熟段階で高い含量を示し、普通ダイズよりも枝豆ダイズで高い含量を示した。特に、アスパラギン、アラニン、グルタミン酸が高い傾向が注目される。4)全糖と遊離アミノ酸含量は環境よりも品種固有の遺伝的要因によって強い影響を受ける。

以上の本研究の結果から、枝豆の品種改良の方向が明らかになり、良食味・香りなど優れた特徴を有する各種作型の枝豆品種の育成の可能性が高いことが指摘できる。

引用文献

赤澤経也・福嶋忠昭 1991. 枝豆の品種・栽培条件と未熟種子の成分含量の関係. 山形大学紀要(農学)(112): 415-421

———・笹原健夫 1988. 枝豆の品質に関する遺伝的基礎研究 1. 完熟種子の形質間相関に関する研究. 育雑 39(別 2): 240-241

———・——— 1990a. 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

———・——— 1990b. 枝豆の品質に関する遺伝的基礎研究 2. 枝豆の蛋白質含量の品種間差異. 育雑 40(別 1): 494-495

———・——— 1990c. 枝豆の品質に関する遺伝的基礎研究 3. 枝豆を含む大豆の糖含有量の品種間差異. 育雑 40(別 2): 226-227

———・——— 1991a. 枝豆の品質に関する遺伝的基礎研究 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晩性による差異. 育雑 41(別 1): 238-239

———・——— 1991b. 枝豆の品質に関する遺伝的基礎研究 5. 枝豆を含む大豆の脂質含量の品種間差異. 育雑 41(別 2): 456-457

———・——— 1992a. 枝豆の品質に関する遺伝的基礎研究 6. 枝豆を含む大豆の完熟および未熟種子に含有

する窒素の品種間差異. 育雑 42(別 1) : 542-543

————— ・ ————— 1992b. 枝豆の品質に関する遺伝的基礎研究 7. 枝豆を含む大豆の完熟および未熟種子に含有する糖の品種間差異. 育雑 42(別 2) : 506-507

————— ・ ————— 1993. 枝豆の品質に関する遺伝的基礎研究 8. 枝豆を含む大豆の完熟及び未熟種子のデンプン含有量の品種間差異. 育雑 42(別 1) : 245

————— ・ ————— 1994. 枝豆の品質に関する遺伝的基礎研究 9. 枝豆を含む大豆の貯蔵による水溶性窒素含有物質および糖含量の変動. 育雑 44(別 2) : 252

赤澤経也・赤池秋彦・笹原健夫 2000a. 枝豆と普通大豆の播種時期を異にした場合の全糖と水溶性窒素含量の変動. 日作紀 69(別 2) : 98-99

————— ・ 小島亮太郎・笹原健夫 2000b. 枝豆と普通大豆のシンク、ソースバランスと品種特性に関する研究. 日作紀 69(別 2) : 142-143

Akazawa, T., Y. Yanagisawa and 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

赤澤経也・高橋秀典 2002. ダダチャ豆の品質. 第 1 回エダマメ研究会研究集会講演要旨. 1 : 11-13

青葉 高 1956. 庄内特産蔬菜 (7). ダダチャ豆. 山形農林学会報. 10 : 5-10

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

Board, J. E. and B. G. Harville 1993. Soybean yield component responses to a

- light interception gradient during the reproductive period. *Crop Sci.* 33 : 772-777
- Board, J. E. and B. G. Harvile** 1998. Late-planted soybean yield responses to reproductive source / sink stress. *Crop Sci.* 38 : 763-771
- **and Q. Tan** 1995. Assimilatory capacity effects on soybean yield components and pod number. *Crop Sci.* 35 : 846-851
- Chino, M., H. Hayashi and T. Fukumorioka** 1987. Chemical composition of rice sap and its fluctuation. *J. Plant Nutr.* 10 : 1651-1661
- Chou, K. H. and W. E. Splittstoesser** 1972. Glutamate dehydrogenase from pumpkin cotyledons. Characterization and isozymes. *Plant Physiol.* 49 : 550-554
- East, E. M. and H. K. Hayes** 1911. Inheritance in maize. *Conn. Agr. Expt. Sta. Bull.* 167 : 5-142
- 枝並孝宏 1999. エダマメ含有成分の変動に関する育種学的基礎研究. 山形大学大学院農学研究科修士論文. 第28回
- 江頭宏昌・新田麻子・森田敦雄・左京里美・赤澤經也 2002. ダダチャ豆系統の変遷. 第1回エダマメ研究会研究集会講演要旨. 1: 25-31
- Egli, D. B. and Z. Tu.** 1991. Crop growth rate and seeds per unit area in soybean *Crop Sci.* 31 : 439-442
- Fehr, W. R.** 1987. Breeding methods for cultivar development in “soybeans: Improvement, Production, and Uses (2nd ed.)” Wilcox, J. R. (ed.) ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI. USA. 249-293
- Jeschke, W. D. C. A. Atkins and J. S. Pate** 1985. Ion circulation via phloem and xylem between root and shoot of nodulated white lupin *J. Plant Physiol.* 117 : 319-330
- Hajika, M., K. Igita and K. Kitamura** 1991. A line lacking all the seed

lipoxygenase isozymes in soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) induced by gamma-ray irradiation Jpn. J. Breed. 41 : 507-509

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

————— 1980b. 施肥技術. “大豆の生態と栽培技術” (斎藤・大久保編著). 農文協. 東京. pp. 125-147

————— 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. pp. 153-183

————— ・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. pp. 32-64

Hildebrand, D. F. and T. Hymowitz 1981. Two soybean genotypes lacking Lipoxygenase-1. Jour. Amer. Oil Chem. Soc. 58 : 583-586

————— and ————— 1982. Inheritance of lipoxygenase-1 activity in soybean seeds. Crop Sci. 22 : 851-853

廣田智子 2002. 丹波黒大豆エダマメの品質. 第1回エダマメ研究会研究集会講演要旨. 1 : 14-17

Hoching, P. J. 1982. Accumulation and distribution of nutrients in fruits of castor bean (*Ricinus communis* L.). Ann. Bot. 49 : 51-52

Hunter, J. R. and A. E. Erickson 1952. Relation of seed Germination to soil moisture. Agron. J. 44 : 107-109

井上重陽 1953. 種子の発芽温度に関する研究. 第9報大豆. 日作紀. 21 : 276-277

岩田隆・白幡啓一 1979. エダマメ収穫後の品質変化とその防止 (第1報). 品質変化に関係する要因とガス組成及び葉付き包装の効果. 園学雑 48 : 106-113

Jeschke, W. D., C. A. Atkins and J.S. Pate 1985. Ion circulation via phloem and

xylem between root and shoot of nodulated white lupin. *J. Plant Physiol.* 117 : 319-330

川上幸治郎 1949. ダイズ “茶マメ 1号”. *農及園* 24 : 732

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

————— (1991) Genetic variation and improvement of seed components in soybean. *Jpn. Intern. Cooper. Agency Ref. No.* 4 : 54-77

喜多村啓介・海妻矩彦 1987. 成分. “わが国におけるマメ類の育種” (小島編). 明文書房. 東京. pp. 309-328

Konovsky, J. 1990. The relationship of consumer preference to the amino acid and sugar content of edamame. *Japan. J. Breed* 40 (sppl 2) : 228-229

Kokubun, M. and K. Watanabe 1983. Analysis of the yield-determining process of field-grown soybeans in relation to canopy structure. VII Effects of source and sink manipulations during reproductive growth on yield and yield components. *Japan J. Crop Sci.* 52 : 215-219

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

Lumpkin, T. A., J. C. Konovsky, K. J. Larson and D. C. McClay 1993. Potential new specialty crops from Asia Azukibean, Edamame soybean, and Astragalus. In “New Crops” John Wiley and Sons, Inc. New York / Singapore. pp. 45-51

Malns, E. B. 1948. Linkage of a factor for shrunken endosperm with a₁ factor for aleurone color. *J. Hered.* 40 : 21-24

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

————— 1989. 野菜の冷凍 (16) 完エダマメ. 冷凍. 64
: 359-376

————— ・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

御子柴公人 1981. 日本人とダイズ. “畑作全書. マメ類
編” 農文教. 東京. pp. 33-43

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. pp. 183-206

永田忠夫 1956. 農学大系 大豆編. 養賢堂

森 高明・村井 修・宮脇弘三・太田勝美 1976. 冷凍枝
豆の風味と原料の貯蔵条件並びに加工方法との関係. 香
川農試研報 28 : 83-87

中村茂樹・大庭寅雄 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. pp. 207-230

中川宜興・古賀義昭 1992. 炊飯米用品種の育種. 1. 良食
味性. 榑渕欽也監修. 日本の稲育種—スーパーライスの挑
戦—. 農業技術協会. 東京. pp. 112-125

西入慶二 1980. 収穫・調整法. “大豆の生態と栽培技術
” (斎藤・大久保編著). 農文協. 東京. pp. 176-187.

Ofuji, T., Y. Koyama and R. Yamamoto 1983. In Food Chemistry. A New
Edition ; Kyogakusha: Tokyo, Japan : 11-16

Ogawa, T., E. Tayama, K. Kitamura and N. Kaizuma 1989. Genetic
improvement of seed storage proteins using three variant alleles of 7S globulin
subunits in soybean (*Glycine max* L.). Jpn. J. Breed. 39 :137-147

岡村太成 1968. 大豆の乾燥特性について—細微構造との

関係一．帯広畜大研報．5:767-779

———・石橋憲一・東条 衛 1970．大豆、金時、手亡、小豆種子の吸水に対する温度の影響．帯広畜産大研報．6:377-393

Orf, J. F. and T. Hymowitz 1979．Inheritance of the absence of the Knitz trypsin inhibitor in seed protein of soybeans. *Crop Sci.* 19: 107-109

大久保隆弘 1980a．環境条件と大豆の生育．“大豆の生態と栽培技術”（斎藤・大久保編著）．農文協．東京．pp. 94-101

——— 1980b．収量構成要素と増収技術．“大豆の生態と栽培技術”（斎藤・大久保編著）．農文協．東京．pp. 102-106

——— 1980c．播種期と大豆の生育．“大豆の生態と栽培技術”（斎藤・大久保編著）．農文協．東京．pp. 106-111

——— 1980d．栽植密度と規制要因．“大豆の生態と栽培技術”（斎藤・大久保編著）．農文協．東京．pp. 112-124

斎藤正隆 1980a．大豆栽培の歴史と技術の変遷．“大豆の生態と栽培技術”（斎藤・大久保編著）．農文協．東京．pp. 15-33

——— 1980b．阻害要因と対策．“大豆の生態と栽培技術”（斎藤・大久保編著）．農文協．東京．pp. 153-175

———・橋本鋼二 1980．品種の分類・分布と栽培特性 “大豆の生態と栽培技術”（斎藤・大久保編著）．農文協．東京．pp. 37-62

酒井真次・砂田喜代志 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．pp. 124-152

- 作物統計 1987. 農水省統情部. 東京. 30:63
- Sakurai, H., H. Shibaoka and S. Shimizu** 1992. An introduction to plant physiology (4th ed.) Baifu-kan, Tokyo, Japan : 119-140
- 笹原健夫 2000a. エダマメ. 作物としての特性. 農業技術体系 (野菜編) 10, 追録 25. 農文教、東京. 基 1-8
- 2000b. エダマメ. 主要品種の特性. 農業技術体系 (野菜編) 10, 追録 25. 農文教、東京. 基 9-14
- 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. pp. 92-108
- Saio, K., M. Kaji and T. Watanabe** 1973. Food use of soybean 7S and 11S. Part 1. Extraction and functional properties of their fractions. J. Food Sci. 38 : 1139-1144
- Satoh, H. and T. Omura** 1981. New endosperm mutation induced by chemical mutagens in rice, *oryza sativa* L. Japan. J. Breed. 31 : 316-326
- Shanmugasundaram, S., S. T. Cheng, M. T. Huang and M. R. Yan** 1991. Varietal improvement of vegetable soybean in Taiwan. Vegetable Soybean-Research Needs for Production and Quality Improvement-Asian Veget. Res. Develop. Cent. 30-42
- Shull, C. A.** 1914. Measurement of the internal forces of seeds. Trans. Kans. Acad. Sci. 27 : 65-70
- 清水祐輔 2000. 未熟大豆の香気等に関する成分の特性と含量の変動. 山形大学大学院農学研究科修士論文. 第 29 回
- 重盛 勲・御子柴公人 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. pp. 108-123
- Taira, H. and 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 40 : 530-544

—— and —— 1972a. 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

—— and —— 1972b. 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

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

平 春江・平 宏和・斎藤正隆 1974. 大豆の粒度・品種および栽培年度が化学成分組成におよぼす影響. 第2報. 脂質含量および脂肪酸組成. 日作紀 43 : 482-492

—— ・ —— ・ 斎藤正隆・森 義雄・藤盛郁夫 1977. 大豆種子の乾燥処理方法とその品質について. 第1報. 物理的性状・化学成分組成および加工適性. 日作紀 46 : 67-74

—— ・ —— ・ 国井輝男・藤盛郁夫 1979a. 大豆種子の乾燥処理方法とその品質について. 第2報. 中粒種子における物理的性状および加工適性の変化. 食総研報 34 : 13-18

—— ・ —— ・ 森 義雄・後木利三・藤盛郁夫・川崎良博・鈴木典男・小谷津洋康・竹井玲子 1979b. 大豆種子の乾燥処理方法とその品質について. 第3報. 低水分含量種子の乾燥処理が種子の物理的性状および加工

適性におよぼす影響と豆腐および納豆の工場製造試験。
食総研報 34 : 19-28

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. Develop. Cent. 26-29

高橋信夫・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。 pp. 265-285

谷村吉光・番場宏治 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。 pp. 65-92

鶴沢 均・喜多村啓介・海妻矩彦 1987. エダマメの糖成
分に関する遺伝育種学的研究—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 and C. A. Brim 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・福島忠昭
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 58 年秋 : 448-449

Yabuuchi, S., R. M. Lister, B. Axelrod, J. R. Wilcox and N. C. Nielsen 1982.

Enzyme-linked immunosorbent assay for the determination of lipoxygenase isozymes in soybean. Crop Sci. 22 : 333-337

Yanagisawa, Y., T. Akazawa, T. Abe and T. Sasahara 1997. Changes in free amino acids and kjeldahl N concentrations in seeds from vegetable-type and grain-type soybean cultivars during the cropping season J. Agric. Food Chem. 45 : 1720-1724

柳澤康博・赤澤経也・阿部利徳・笹原健夫 1997. 枝豆及

び普通大豆の成分含量の地域間差異，日作東北支部報，
No.40 : 71-72

Yanagisawa, Y., T. Akazawa, T.Abe and T. Sasahara 1998. Regional differences in the concentration of water-soluble N in immature seeds of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) . Plant Prod. Sci. 1 : 179-182

謝 辞

本研究のテーマを与えてくださり、遂行および論文作成にあたり、終始全般にわたりご指導とご校閲くださいました山形大学農学部生物資源学科の笹原健夫教授に衷心より感謝申し上げます。

本研究に当たりご助言していただきました附属農場の萱場猛夫教授、農業生産学科の上林美保子助教授に深く感謝の意を表します。

調査・資料の整理にご尽力くださいました佐藤ノリコ氏、学科運営協力室の白岩恵美子氏と、栽培・調査にご協力くださいました附属農場の高山光男技官はじめ技官の皆々様に心より御礼申し上げます。

エダマメの研究をともにおこなってきました元大学院院生の柳澤康博氏、枝並孝宏氏、赤池秋彦氏、小島亮太郎氏に厚く御礼申し上げます。