

ダイズ収量成立過程における花器の分化と発育について

— 英数と花蕾数の関係 —

齊藤邦行*・磯部祥子・黒田俊郎

(岡山大学)

要旨:ダイズ品種タチスズナリを供試し、1992年から1994年の3カ年にわたって栽植密度3水準で圃場試験を行った。収量構成要素と収量との関係を花房の着生位置に着目して調査・解析した。収量は密植ほど高い傾向にあり、高温多照の1994年に最も多くなった。収量と有意な相関関係にあったのは英数のみで、英数と一英粒数、百粒重、結実率との間には有意な負の相関がみられた。開花の推移は年次間の相違が大きく、特に花蕾数の多かった1994年では開花が持続的かつ長期にわたった。花器脱落は莢が伸長を開始する開花始後20~30日に著しいピークを示した。英数は高次位(2次以上の花房)に比べ低次位(0・1次花房)で多く、その程度は密植区で著しかった。密植ほど上位節の英数構成割合は増加した。英数は花蕾数と有意な正の相関が認められたが、結実率は各区で50%前後となり、英数に及ぼす影響は小さかった。結実率は高次位に比べ低次位で若干高かったが、花房の着生位置による相違は小さかった。花蕾数は総節数、一節花蕾数との間に高い正の相関が認められた。また一節花蕾数は主茎上位で多かった。一節花蕾数を一節花房数と一花房花蕾数に分けてみると、これらの間には相互に有意な正の相関がみられた。また、低次位の花蕾数は一花房花蕾数の、また高次位の花蕾数は一節花房数の影響を大きく受けていた。以上の結果、ダイズの収量成立過程における英数の変動は、花器脱落に比べ花蕾数の多少により大きく影響されることが明らかとなった。

キーワード:開花習性、花器脱落、花房次位、花蕾数、結実率、収量、ダイズ。

ダイズ収量と収量構成要素の関係を検討した研究は数多く行われ、収量構成要素のうち英数が収量と最も密接に関連していることが明らかにされている(川島1965, 杉山ら1967, 浅沼ら1977, Lueschen and Hicks 1977, Dominguez and Hume 1978, Board 1985, 国分1988, Parvezら1989, 池田・佐藤1990, 島田ら1990)。しかし、開花期間が長く、様々な発育段階にある花器が同時に存在し、花・莢の30~80%が脱落することから、英数の成立過程は複雑で不明な点が数多く残されている。英数は花蕾数とその稔実歩合を示す結実率との積により示され、より多くの英数を確保する上で、両者の決定に関わる要因と時期を明らかにする必要がある。

ダイズの開花の序列は花房の次位に従っており(黒田ら1979, 鳥越ら1982)、開花は枝条に頂生する0次花房と葉腋に直接着生する1次花房から始まり、1次花房の腋芽に着生する2次花房、そして3次花房へと進行する。また、それぞれの花房は個体内では主茎、分枝など空間的に異なる位置に配置され、光や養水分の競合関係も花房間で異なる。そこで、本研究では栽植密度を3水準として3カ年にわたり圃場試験を行い、花房の着生位置に着目して収量と収量構成要素を調査した。収量構成要素の内、英数を花蕾数と結実率の積として、さらに花蕾数を総節数と1節当り花蕾数に、そして1節当り花蕾数を1節当り花房数と1花房当り花蕾数に分解することを通じて(昆野1979)、ダイズの収量成立過程を解析した。

材料と方法

試験区と栽培管理:岡山大学農学部附属農場(花崗岩質砂

壤土)の畑作圃場において、有限伸育型品種タチスズナリ(生態型IIb)を供試し、1992年から1994年の3カ年にわたり栽培を行った。栽植密度は畦幅を80cmとして疎植(株間20cm, 6.3本・m⁻²)、中間(株間10cm, 12.5本・m⁻²)、密植(株間5cm, 25.0本・m⁻²)の3水準(各区50m²)とした。栽培方法は播種期が2, 3日前後した以外は3カ年ともほぼ同様であり、以下1993年について述べる。施肥は基肥のみとし、10a当り硫酸10kg(N 2.1kg)、熔燐50kg(P 4.4kg)、塩加20kg(K 10.0kg)を施用した。6月22日に施肥後、耕起・整地を行った圃場に1株2粒を点播し、初生葉の展開が完了した7月2日に間引いて1株1本立ちとした。7月12日に初生葉節まで培土を行った後、条間に噴霧型エバフローを設置して適宜灌水を行った。8月10日以降、台風の接近に伴って中間区と密植区で若干の倒伏が認められたため、ビニール紐と支柱を用いて倒伏支持を行った。病虫害防除は適宜行ったが、1994年は8月中旬以降ハスモンヨトウの大発生が認められ、4回にわたり殺虫剤を散布した。

花房の着生位置:本報告では花房の着生位置を、開花の序列を示す花房次位と(Shiblesら1975, 黒田ら1979, 鳥越ら1982)、個体内の空間的な位置を示す着生節位の2つの視点から捉えた。花房次位は枝条の頂端部が花房に変態したものを0次、各枝条単位の腋芽に着生する花房を1次、1次の腋芽につく花房を2次、2次の腋芽につくものを3次とし、1次分枝の腋芽に最初に発生する花房は2次花房に分類した。さらに、2次以上の花房で複葉を持つ枝条様花房を「椀枝」と定義した。主茎の節は、その節位により分枝の発生率が異なり、4節から10節までは発生率

が高かったが、11節以上の分枝の発生はほとんど認められなかった。分枝の発生する節の花房は2次以上に分類されるため、主茎の節の開花・結実習性は分枝の有無により大きく異なる。そこで、主茎については分枝の発生率の低い11節以上を主茎上位、発生率の高い10節以下を主茎下位とした。また、主茎の節位に着目して、7節以上の主茎節から発生している分枝を分枝上位、6節以下の主茎節から発生している分枝を分枝下位とした。

花蕾数と結実率:初生葉の展開完了後、各区10個体を調査用個体として選び、さらに10個体の中から開花始までに草姿が中庸な3個体について、花蕾数を調査した。各個体全ての花蕾について、花房の着生節位と次位、及び花房内の位置を記録して、それぞれの花蕾の開花・結実を追跡調査した。結実率は総花蕾数に占める稔実莢数(有効・無効莢数)の割合として算出した。

また花蕾数は総節数と一節花蕾数の積、そして一節花蕾数は一節花房数と一花房花蕾数に分解できる(昆野1979)。そこで、これら花蕾数の構成要素を花房の着生位置別に比較した。

収量調査:収穫期に各区20個体を抜き取り、そのうち全重・分枝数が中庸な10個体について着莢相を図面(着莢相マップ)に描き、主茎長と主茎基部の径及び茎重を測定した。着莢相マップを利用して莢数、胚珠数、分枝数、極枝数を求め、花房の着生位置別に子実重を測定した。また、植物単位概念に基づいて、着莢相マップより主茎、分枝、極枝の単位数、すなわち節数を求めた。なお、子葉節を含む植物単位を第1単位とした。収量構成要素はダイズ調査基準(注:農林水産省農業技術研究所,大豆調査基準検討委員会編)に従って、子実収量、莢数、一莢粒数、百粒重、結実率について調査した。

結 果

気象概況:1992年は平均気温、日照時間、降水量ともに3カ年の中で中庸な年であった。1993年は記録的な冷夏に

見舞われた。平均気温は3年間で最も低く、日照時間も全般に少なく、さらに降水量は常に多くなり、播種時以外の灌水は特に必要なかった。1994年の平均気温は最も高く推移し、特に7月中旬までは5°C以上高かった。日照時間は3カ年の中で最も多く、降水量は著しく少なかった。

生育概要(第1表):開花期間は疎植区で長く、3カ年の中では1992年が短く、1994年が長かった。個体当りの総植物単位数は、疎植区>中間区>密植区の順に多く、年次間では1994年が多かった。主茎の植物単位数は栽植密度によらずほぼ一定であり、分枝および極枝の植物単位数は総数と同様の順であった。総植物単位数をm²当りに換算すると、密植区>中間区>疎植区の順に多く、3カ年の中では1994年が最も多かった。主茎長は密植ほど長く、年次間で比較すると、1994年>1992年>1993年の順に長かった。1株茎重は密植ほど低く、各区ともに1994年が2倍以上となった。その結果、粒茎比はいずれの年も疎植区に比べ密植区で小さくなり、3カ年のうち特に1994年で著しく小さかった。

収量と収量構成要素(第2表):収量は密植ほど高い傾向にあったが(1993年を除く)、その程度は年次により異なっていた。1992年は密植区の収量が532 g m⁻²と最も高く、区間差が最も大きかった。1993年の収量は中間区で高くなったが、区間の相違は小さく315~342 g m⁻²の範囲にあった。1994年は疎植区の収量が比較的高く、中間区で最も低かった。

莢数の栽植密度間の変動は収量とほぼ等しかった。結実率は各年次で密度による相違は認められず、1994年が最も低かった。一莢粒数は1994年で少ない傾向にあった。百粒重は、1992年は密植ほど大きく、逆に1993年と1994年は密植ほど小さい傾向にあった。年次間でみると各区ともに1993年は大きく、1994年で小さかった。

莢数を花房次位別に比較すると(第1図)、各区とも莢数が最も多いのは1次、ついで0次と2次極枝であり、3次以上は少なかった。莢数を低次位(0,1次)と高次位

第1表 個体の生育概要(1992, 1993, 1994年)。

年次 区	生育 期間 日	開花 期間 日	植物単位数				総数	主茎長 cm	茎重 g	粒茎比
			主茎	1次分枝	2次分枝	極枝				
1992年										
疎植区	91	22	16(100)	27(174)	1.2(8)	8(51)	53(333)	53.4	17.9	2.52
中間区	97	15	15(195)	20(254)	0.4(5)	5(63)	41(517)	63.5	12.8	2.28
密植区	97	20	15(390)	11(263)	0.1(3)	4(110)	31(764)	68.5	9.9	2.15
1993年										
疎植区	95	38	15(95)	27(174)	2.7(16)	6(41)	52(326)	47.4	13.3	3.79
中間区	95	30	15(189)	21(268)	1.1(14)	4(51)	42(522)	58.5	9.5	2.88
密植区	95	28	15(373)	12(309)	0.1(3)	1(20)	28(705)	71.1	5.0	2.65
1994年										
疎植区	101	41	18(111)	39(245)	6.2(39)	30(189)	93(584)	72.3	37.1	1.68
中間区	101	32	18(224)	16(200)	2.2(28)	15(186)	51(638)	82.5	18.3	1.61
密植区	103	32	17(417)	10(262)	0.1(3)	10(243)	37(925)	89.7	15.3	1.23

()内はm²当りの値。

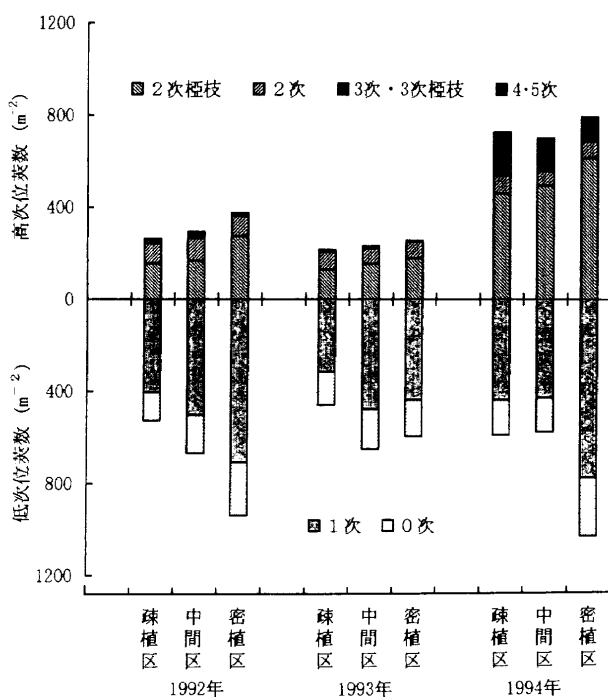
第2表 収量及び収量構成要素(1992, 1993, 1994年).

年次区	子実収量 gm ⁻²	莢数 m ⁻²	一莢粒数	百粒重 g	結実率 %
1992年					
疎植区	282	789	1.94	21.5	85.5
中間区	365	962	1.93	23.0	85.4
密植区	532	1315	1.91	25.1	80.1
1993年					
疎植区	315	675	1.87	26.9	82.7
中間区	342	881	1.88	24.6	82.7
密植区	331	850	1.78	26.0	81.2
1994年					
疎植区	390	1319	1.49	20.7	68.8
中間区	367	1281	1.49	19.8	70.2
密植区	469	1825	1.49	18.3	71.0
LSD _{0.05}	64.4	168	0.29	2.44	7.87

各数値は10個体の平均値。

(2次極枝, 2次以上)に2分すると, 密植になるほど低次位では1次の莢数が, 高次位では2次極枝の莢数が増加した。全莢数のうち低次位の占める割合は密植区で若干高かった。年次間で比較すると, 1992年と1993年は全莢数の70%近くを低次位の莢数が占めていたのに対し, 1994年は50%前後となり, 特に疎植区と中間区では45%と著しく低く, 1994年は高次位の莢数の著しい増加が認められた。1994年の高次位の莢数増加は, 2次極枝の莢数増加に加え, 3次極枝・3次の莢数が増加したことに起因していた。

莢数を着生節位別に比較すると(第2図), 主茎は上位, 下位ともに密植ほど増加し, 主茎全体では密植ほど著しく増加した。また, 1994年は他の年に比べて主茎上位の莢数が多く, 主茎下位では少なかった。分枝上位の莢数は密



第1図 花房次位別の莢数(低次位・高次位)。

植ほど増加したが, 下位では減少した。分枝全体の莢数は1993年の密植区では317 m⁻²と少なく, 1994年の疎植区では962 m⁻²と多かった。

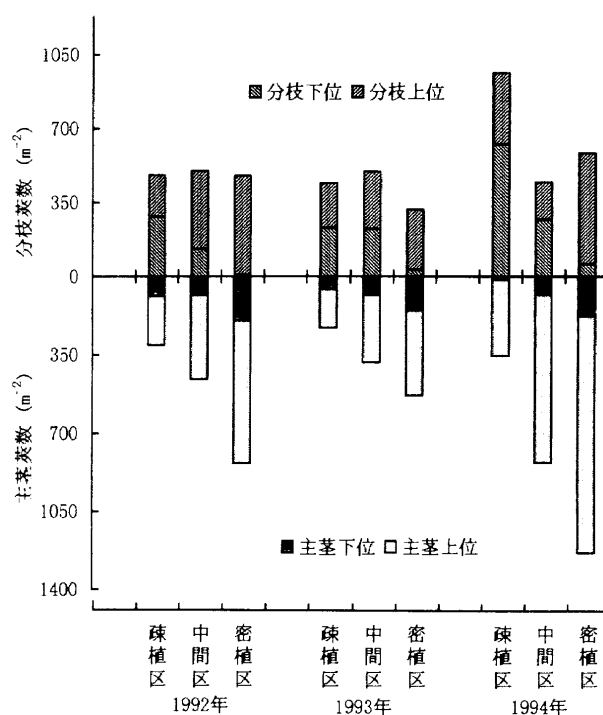
開花と脱落的の推移:1日当り開花数(m²当り)は, 密植ほど多くなったが, 生育に伴う推移の傾向は3区間に大きな相違は認められず, 年次により異なった(第3図)。1992年は3カ年の中で開花が最も早く始まり(DAP 36日), 開花期間は短かった。1日当り開花数(m²当り)は, 開花始後4日(DAP 40日)には最大値をとり, 疎植区, 中間区, 密植区が約300, 400, 500 m⁻²と最大値を示した。開花始後4~6日の間に1日当り開花数は急激に低下し, それ以後若干変動しながら徐々に減少した。

1993年は3カ年の中で開花始が最も遅く, かつ開花期間は1992年に比べて長くなったが, 総開花数は少なかった。

1994年ではDAP 38~53日まで開花数は比較的高く推移し, その後緩やかに減少した。

1日当り花器脱落数(m²当り)は密植ほど多くなったが, 生育に伴う推移の傾向は区間で大きな相違は認められず, 年次により異なった(第4図)。3カ年ともに開花始から収穫期まで連続して花器脱落が認められたが, 1992年と1993年にはDAP 60~70日の間にそのピークが認められたのに対し1994年は全般に花器脱落数が多く, 密植区を除いて著しいピークは認められなかった。特に, 1994年の疎植区ではDAP 45~50日の間に最も多くなり, それ以降収穫期まで徐々に減少した。

花蕾数と結実率(第3, 4表):花蕾数は密植ほど増加した。年次間で比較すると, 1994年で著しく多く, 各栽植密度で1992年, 1993年の2倍以上になった。花房次位別



第2図 着生節位別の莢数(主茎・分枝)。

にみると、低次位の花蕾数は総数の55~69%を占め、その割合は密植ほど増加する傾向にあり(1992年を除く)、各区ともに1994年で低かった。低次位の花蕾数は全ての区で1次が0次に比べて多かった。高次位では1992年と1993年は2次が最も多く、1994年は2次極枝が最も多くなった。また、3次以上の花蕾数は1994年で著しく増加した。

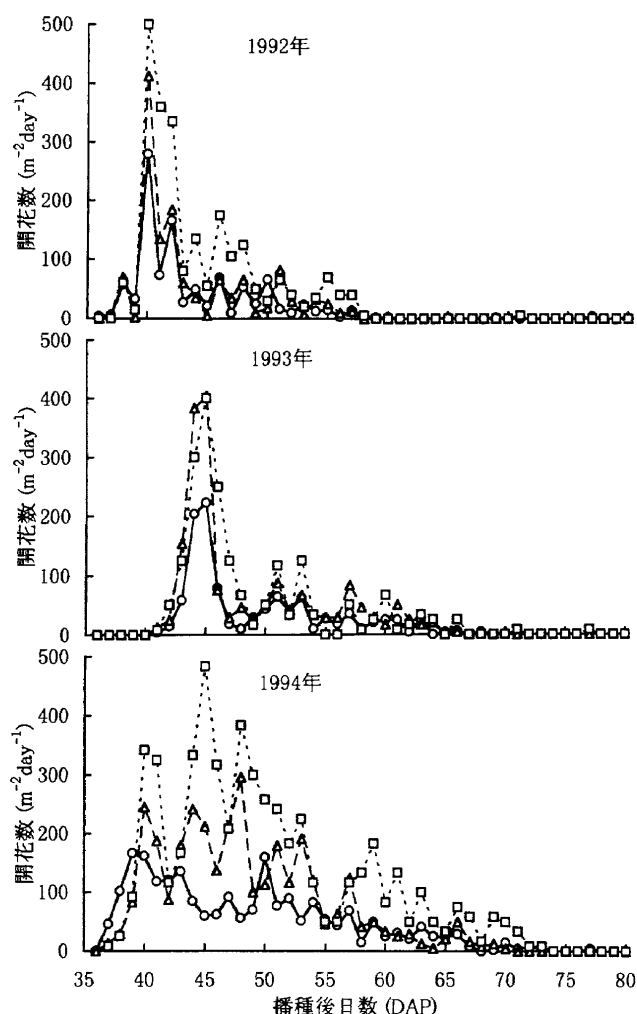
着生節位別にみると、主茎と分枝では、密植ほど主茎の占める割合が増加したが、年次間で主茎と分枝の構成割合に違いはみられなかった。さらに、主茎の上位と下位の花蕾数を比較すると、両者とも密植ほど花蕾数が増加した。また、主茎上位の花蕾数は主茎下位に比べて多く、その傾向は疎植ほど顕著であった。分枝では、上位の花蕾数は密植ほど増加したが、下位では減少した。疎植区においては分枝上位の花蕾数が下位に比べて多かったが、中間、密植区では分枝下位の花蕾数が上位に比べて多くなった。

結莢率はほとんどの区で50%前後であった(第4表)。特に、1993年の密植区は35.3%と著しく低かった。また、結莢率の年次間の変動には一定の傾向が認められなかった。花房次位別にみると、各区とも低次位の結莢率が高次

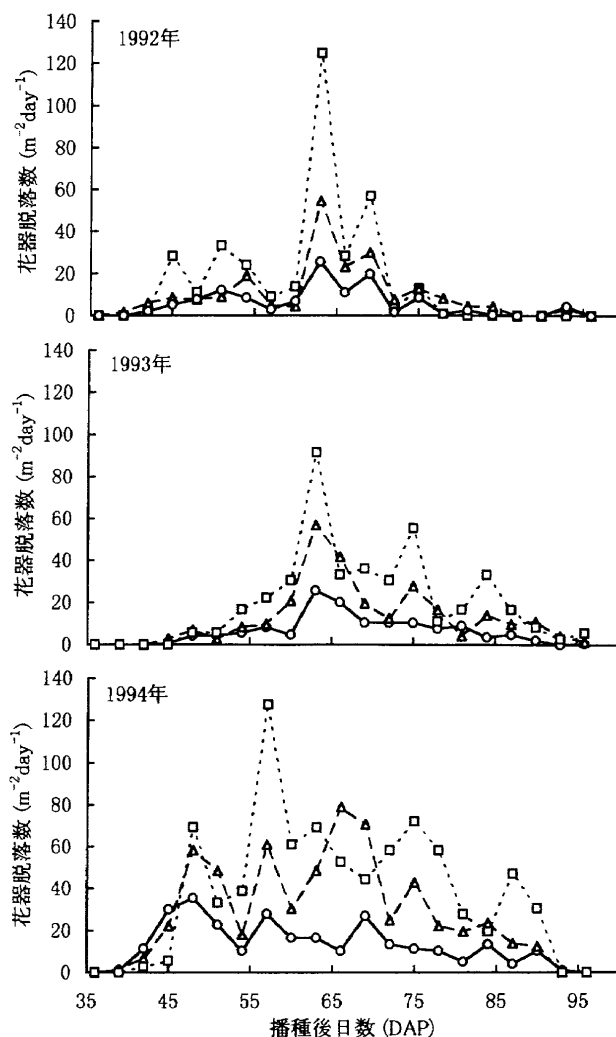
位に比べて高かった(1994年密植区を除く)。1992年と1993年は0次に比べ1次の結莢率が高かったが、1994年は逆に0次の結莢率が高かった。高次位の結莢率は1992年と1993年は2次極枝が2次に比べ高くなったが、1994年は逆に2次極枝で低くなった。

着生節位別にみると、1992年と1993年は主茎の結莢率が分枝に比べて高かったが、1994年では主茎と分枝の違いは認められなかった。さらに、主茎の上位と下位の結莢率を比較してみると、1992年と1993年は下位に比べ上位で高かったが、1994年では逆に上位で低くなった。分枝下位の結莢率は上位に比べ低い傾向にあったが、1994年の密植区では83.9%と著しく高くなった。

花蕾数の構成要素:花蕾数の構成要素には栽植密度による一定の傾向が認められなかった(第5表)、中間区のみについて着生節位別に比較した(第6表)。一節花蕾数は年次により大きく異なり、1992年は2.7~3.3、1993年は2.8~3.5、1994年は3.8~5.9と前2年に比べて多くなり、年次間の変動は密植ほど大きかった。着生節位別にみると、一節花蕾数は主茎上位で最も多く、次いで分枝上位と下位がほぼ等しくなり、主茎下位は少なかった。主茎上



第3図 開花数の推移。
疎植区 (O), 中間区 (Δ), 密植区 (□)。



第4図 花器脱落数の推移。
疎植区 (O), 中間区 (Δ), 密植区 (□)。

位は、年次による相違が大きく、1994年は1992年と1993年の2倍近くであった。また、主茎下位は年次による相違が最も小さかった。
一節花房数は、1994年で多かった(第5表)。主茎上位

は一節花房数が最も多く、1994年>1993年>1992年の順であった(第6表)。主茎下位は一節花房数が最も少なく、年次間の変動も小さかった。分枝の一節花房数は1.0~3.0の範囲で変化し、上位と下位で明らかな相違は

第3表 花房の着生位置別花蕾数(1992, 1993, 1994年)。

年次 区	低次位			高次位				主茎			分枝			総数	
	0次	1次	全体	2 椶枝	3 椶枝			全体	上位	下位	全体	上位	下位		全体
					2次	3次	4・5次								
1992年															
疎植区	221	456	677(61)	184	203	45	—	432(39)	258	95	353(32)	328	429	756(68)	1109
中間区	308	597	905(66)	128	291	43	—	463(34)	475	150	625(46)	493	250	743(54)	1368
密植区	595	880	1475(62)	390	400	100	—	890(38)	790	400	1190(50)	1015	160	1175(50)	2365
1993年															
疎植区	227	385	612(56)	167	256	54	—	477(44)	252	88	340(32)	281	469	750(68)	1090
中間区	404	708	1122(62)	221	413	67	—	701(38)	479	138	617(34)	533	663	1196(34)	1813
密植区	533	833	1366(69)	242	342	33	—	657(31)	675	325	1000(50)	800	183	983(50)	1983
1994年															
疎植区	400	813	1213(55)	571	135	215	81	1002(45)	682	92	774(35)	493	948	1441(65)	2215
中間区	557	1274	1831(56)	828	238	300	91	1457(44)	1437	163	1600(49)	704	983	1688(51)	3288
密植区	1025	2350	3375(62)	991	650	333	67	2041(38)	2396	508	2904(54)	2254	258	2512(46)	5417

各数値は m² 当り。()内は総数に対する割合(%)。

第4表 花房の着生位置別結莢率(1992, 1993, 1994年)。

年次 区	低次位			高次位				主茎			分枝			全体	
	0次	1次	全体	2 椶枝	3 椶枝			全体	上位	下位	全体	上位	下位		全体
					2次	3次	4・5次								
1992年															
疎植区	67.2	69.6	68.8	70.7	39.5	19.4	—	50.7	72.8	51.3	67.0	60.7	58.3	59.3	61.8
中間区	44.7	64.4	57.7	62.7	38.5	47.1	—	46.6	71.6	40.0	64.0	44.7	46.0	45.1	53.7
密植区	42.9	61.4	53.9	64.1	40.0	45.0	—	51.1	65.2	47.5	59.2	51.2	15.6	46.4	52.9
1993年															
疎植区	57.8	65.9	62.9	73.8	31.7	23.1	—	45.4	71.1	45.2	64.4	62.2	44.4	51.1	55.3
中間区	54.6	68.8	63.7	54.7	20.2	0.0	—	29.2	63.5	39.4	58.1	53.1	40.9	46.3	50.3
密植区	31.3	44.0	39.0	41.4	19.5	0.0	—	27.0	46.9	33.3	42.5	28.1	7.3	28.0	35.3
1994年															
疎植区	68.7	48.1	53.5	29.2	55.4	46.1	61.3	43.5	49.2	42.4	48.6	52.4	46.2	48.8	48.7
中間区	73.5	56.9	62.0	42.7	77.1	62.7	87.6	54.4	50.8	69.2	52.6	66.1	64.8	65.6	58.3
密植区	59.6	43.8	48.0	38.3	53.2	50.0	62.5	54.8	46.7	55.6	48.3	42.6	83.9	46.6	47.1

単位は%。結莢率=(稔実莢数/花蕾数)×100。

第5表 花蕾数の構成要素。

年・区	m ² 当り 節数	一節 花蕾数	一節 花房数	一花房 花蕾数
1992年				
疎植区	333	3.3	1.5	2.6
中間区	517	2.7	1.2	2.6
密植区	764	3.1	1.4	2.6
1993年				
疎植区	326	3.3	1.8	2.3
中間区	522	3.4	1.6	2.5
密植区	705	2.8	1.3	2.2
1994年				
疎植区	584	3.8	2.1	2.9
中間区	638	5.2	2.4	3.2
密植区	925	5.9	2.2	3.3

第6表 一節花蕾数・一節花房数・一花房花蕾数の着生節位による相違(中間区)。

年次	主茎		分枝		全体
	上位	下位	上位	下位	
一節花蕾数					
1992年	6.8	1.2	3.6	2.2	2.7
1993年	7.5	1.1	4.1	4.9	3.5
1994年	14.5	1.3	9.3	7.9	5.2
一節花房数					
1992年	2.1	0.4	1.6	1.0	1.2
1993年	2.7	0.4	1.4	2.3	1.6
1994年	4.3	0.4	3.0	2.7	2.5
一花房花蕾数					
1992年	3.2	3.3	2.2	2.2	2.6
1993年	2.7	2.6	2.8	2.1	2.5
1994年	3.3	3.5	3.1	2.9	3.2

認められなかった。一節花房数の増加は高次位花房の増加を意味している。

一花房花蕾数は上位と下位では明らかな相違は認められず、それぞれ分枝に比べ主茎で多くなる傾向があり、各部位ともに1994年で多かった。

考 察

1. 栽植密度が生育収量におよぼす影響

杉山ら(1967)は密植により促進される形質は、莖長、LAI、面積莖重、a当り節数などの量的形質であり、抑制されるものは開花期、最頂葉展開期、主茎節数、粒莖比などの個体の発育の形質であるとしている。本試験でも、密植ほど主莖長は長くなり、開花期間、莖重、粒莖比はそれぞれ減少した。しかし、生育期間と主茎節数に栽植密度による影響はほとんどみられず、年次による相違が大きかった(第1表)。1994年は主茎節数をはじめ、栄養生長量が最も多くなり、これは生育前半の高い平均気温が出葉速度を速め、その結果栄養生長量が増加したことによると考えられた。

一般にダイズの収量は密植により増加し(Parvezら1989)、増収が可能な密度の範囲は m^2 当り10~30株といわれている(川島1965)。本実験においても、密植ほど収量は高い傾向にあったが、その傾向は年次により異なり、1993年は有意差はないものの密植区に比べ中間区の収量が高く、1994年は中間区で最も低くなった。本試験を行った3カ年の気象は、1992年が平年的に推移したのに対し1993年は低温寡照、1994年は高温多照に推移した。すなわち、低温寡照の年には密植の効果は小さく、高温多照の年には疎植区の生育が旺盛に経過し、収量が相対的に高くなると考えられた。ダイズ収量に及ぼす栽植密度の影響は小さいとする報告もあり(Lueschen and Hicks 1977)、多くの品種を用いて経年的な収量の変動を調査するとともに、ダイズ諸形質の密度反応をより詳細に検討する必要がある。

莢数は栽植密度及び年次間で有意差があり、百粒重、一莢粒数と結実率は年次間でのみ有意差が認められた(第2表)。一莢粒数は品種により遺伝的に決定されており、栽植密度により大きく変動した例は少ない(浅沼ら1977, Dominguez and Hume 1978)。本実験でも一莢粒数は1994年では3区ともに1.49と等しく、1992年と1993年

もそれぞれ1.94~1.91, 1.87~1.78となり、一莢粒数の密度による相異は小さかった。

収量と花蕾数、総節数および各収量構成要素間の相関関係を検討したところ(第7表)、総節数、莢数との間には有意な正の相関関係が認められた。したがって、ダイズの収量は節数の増加を通じた莢数によって大きく規定されることがわかった(川島1965, 杉山ら1967, 浅沼ら1977, Lueschen and Hicks 1977, Dominguez and Hume 1978, Board 1985, 国分1988, Parvezら1989, 池田・佐藤1990, 島田ら1990)。また、花蕾数は子実収量との相関はやや低かったが、莢数、総節数と極めて高い正の相関が認められ、節数や花蕾数などの量的形質の増加により、莢数は増加すると考えられた。また、莢数と一莢粒数、百粒重、結実率との間には負の相関があり、結実率と一莢粒数、百粒重との間には正の相関があった。さらに、百粒重と一莢粒数の間には負の相関が認められた。

すなわち、莢数が多くなり、光合成量が増えなければ、結実率が低下し、さらに一莢粒数、百粒重が減少することが明らかになった。この結果は、莢数(シンク容量)が最初に大きく決められた場合、ソース量が不足すると全ての胚珠が稔実できず、不稔となる胚珠が多くなることを示している。これにより、莢当りの稔実粒数が減少して一莢粒数が低下し、さらに稔実した子実も十分な同化産物を得ることができず、百粒重が低下したものと考えられる。

結実率は3カ年の中で最も高かった1992年でも85.5%(疎植区)であった。このことは最も結実率の高い年であっても15%の子実が不稔となることを示し、ダイズは余分なシンク容量を大きく持っていると考えられる。また、莢数が著しく多い1994年を除く1992年と1993年のみで結実率と百粒重との関係を検討したところ、有意ではないが負の相関が得られ、莢数が少なくかつ結実率が低下して粒数が少ないときには百粒重を増加させるという微調整を行っていることが推察される。3カ年の収量構成要素を比較すると、1994年は莢数依存型、1993年は百粒重依存型であり、1992年はその中間に位置していた。

以上より、ダイズのシンク容量は潜在的に著しく大きく、開花、着莢そして不稔実粒の発生、百粒重の増加と、それぞれの発育段階でソース能や環境条件に応じて、臨機応変に収量を調節していることが明らかとなった。

第7表 収量と収量構成要素の相関関係(3カ年込み)。

	子実収量	花蕾数	総節数	莢数	一莢粒数	百粒重
花蕾数	0.606					
総節数	0.786*	0.846**				
莢数	0.779*	0.918**	0.839**			
一莢粒数	-0.263	-0.746*	-0.535	-0.727*		
百粒重	-0.196	-0.684*	-0.378	-0.730*	0.719*	
結実率	-0.453	-0.731*	-0.569	-0.779*	0.972***	0.677*

*, **, ***はそれぞれ5, 1, 0.1%水準で有意。

2. 花房次位・着生節位による莢数の変動

莢数は花房次位別にみると各区とも1次の莢数が最も多く、次いで0次と2次極枝の莢数が多くなった。低次位と高次位に2分してみると、ほとんどの区で高次位に比べ低次位の莢数が多くなった(第1図)。しかし、1994年には各区とも高次位の莢数が著しく増加したことから、低次位よりも高次位の莢数が容易に増加しうることが示された。黒田ら(1991)は、莢数増加のためには低次位の莢数を確保し、そのうえで高次位の莢数を上乘せすることが有効であるとしているが、本実験においても同様のことが確認された。

着生節位別の莢の構成は栽植密度による違いがみられ、密植により主茎の上位と下位及び分枝上位の莢数は増加し、分枝下位の莢数は減少した(第2図)。このことから、密植により莢数、すなわちシンクの位置は群落の中心部(主茎)かつ上層部へと移動し(Dominguez and Hume 1978)、収量増加には主茎上位(Heindl and Brun 1984)の莢数増加が大きく貢献していることが明らかとなった。

3. 開花・脱落の推移と結莢率

1994年の1日当り開花数は約2週間持続的に推移してその後徐々に減少した(第3図)。1994年の開花数の多さは、低次位花房の開花が長期化し、高次位花房と開花が重なったことに起因していた(結果は示していない)。

1日当り花器脱落数のピークは、1994年では明確に認められなかったものの、1992年と1993年では全ての区でDAP 60~70日に1日当り花器脱落数が最も多くなった(第4図)。DAP 60~70日は莢の伸長開始期にあたることから、開花始からこの時期までの約25日間で多くの花器は発育を停止し、脱落するか否かが決定するとみられた。しかし、それ以前は落花、それ以降収穫期までは落莢と脱落は持続することから、花器の発育停止は一樣ではない。今後脱落形態別に花器の発育停止に影響する要因を検討する必要がある。

黒田ら(1992)は花房次位別に花器脱落習性を検討し、花器の開花から脱落までの頻度分布は開花始後10日を境に大別できる(加藤 1964)と報告した。この結果は、開花始後約10日で落花から落莢へ移行することを示唆している。本報告とは移行時期を若干異にするが、着莢期から莢伸長期にかけて落莢が著しいことでは一致している。

低次位の結莢率は高次位に比べて高く(第4表)、先に開花した花が遅れて開花した花に比べて強勢であると考えられた(Isobeら 1995, 黒田ら 1991)。低次位の中では0

次は着生している植物単位に複葉を持たないが、結莢率は1次に比べて1992年と1993年では低下したが、1994年では逆に高くなり、必ずしも一定の傾向を示さなかった(黒田ら 1991)。0次花房は1次花房に比べ多くの花蕾をつけることから(第8表)、通常結莢率は低下するものの、複葉を持たないことが結莢率に影響しているとは考えられなかった(Isobeら 1995)。複葉を持つ2次極枝花房の結莢率は2次花房に比べ、1992年と1993年では高かったが1994年では低下した(第4表)。1994年は極枝の花蕾数が著しく増えたため(第3表)、これが結莢率の低下につながったと考えられる。黒田ら(1991)が栽植密度3水準で栽培したダイズ2品種の結莢率はいずれの区でも2次花房に比べ2次極枝花房で高かったことから、複葉が結莢率に及ぼす影響は大きいと推察される。しかし、2次花房の複葉は結莢率には影響しないとする報告もあり(Isobeら 1995)、今後子実生長に及ぼす影響も含めた極枝の役割を明らかにする必要がある。

4. 莢数の決定に及ぼす花蕾数の影響

ダイズは水平葉を持つため群落下層への光の投入が悪く(斎藤ら 1994)、光合成産物の大部分は上位葉で生産されることから、着生節位によって結莢率は異なることが予想された(Heindl and Brun 1984)。しかし、着生節位間で大きな相違は認められなかった(第4表)。花蕾数は着生節位によって大きく変動するにも拘わらず、結莢率の相違が小さいということは、莢数の決定には花器脱落よりも花蕾数の多少が著しく影響することを示唆している。そこで、花蕾数と結莢率の相関関係を花房の着生位置別に検討した(第9表)。莢数は花蕾数と有意な正の相関が認められ、結莢率が莢数に及ぼす影響は小さかった。また、総花蕾数はいずれの着生位置(低・高次位、主茎・分枝)の花蕾数とも0.1%水準で有意な正の相関が認められた。すなわち、3カ年の栽植密度における莢数の変動は、花蕾数のうち、落花、落莢する花器数により決まるのではなく、どれだけの花蕾が分化し発育するか大きく依存していることが明らかとなった。さらに総花蕾数はいずれの着生位置(低・高次位、主茎・分枝)の花蕾数とも0.1%水準で有意な正の相関が認められ、特定の着生位置の花蕾数の多少が総花蕾数に影響しているのではなく、全ての位置の花蕾数が増加することによって総花蕾数が増加していることがわかった。また、花蕾数と結莢率の間には有意な相関がみられなかったことから、結莢率は花蕾数の多少のみによって変動するのではないことがわかった。しかし、莢数と結莢率の間には負の相関が存在するという報告(浅沼 1977)もあり、これらの関係については慎重な検討が必要である。

一節花蕾数は密度による影響はみられず、年次により異なった(第5表)。すなわち、花蕾数は栽植密度に影響されない生育初期にほぼ決定することが示唆される。ダイズ

第8表 花房次位別一花房花蕾数(1994年)。

区	0次	1次	2次極枝	2次	3次極枝	4・5次
疎植区	5.6	3.4	3.1	1.9	1.8	1.2
中間区	6.1	3.5	3.8	1.8	1.6	1.8
密植区	6.8	3.8	4.1	1.9	1.6	1.0

第9表 莢数と花蕾数、結莢率の相関関係(3カ年込み)。

	莢数	花蕾数				
		総数	低次位	高次位	主茎	分枝
総花蕾数	0.918***					
低次位花蕾数	0.897**	0.992***				
高次位花蕾数	0.920***	0.981***	0.953***			
主茎花蕾数	0.889**	0.987***	0.993***	0.951***		
分枝花蕾数	0.902***	0.971***	0.938***	0.994***	0.926***	
結莢率	-0.138	-0.236	-0.309	-0.150	-0.249	-0.214

、* はそれぞれ1%、0.1%水準で有意。

第10表 花蕾数と総節数、一節花蕾数、一節花房数、一花房花蕾数の相関関係(3カ年込み)。

	花蕾数	総節数	一節花蕾数	一節花房数
総節数	0.846**			
一節花蕾数	0.872**	0.509		
一節花房数	0.647	0.265	0.899**	
一花房花蕾数	0.800**	0.511	0.855**	0.788**

** は1%水準で有意。

(生態型 Iib) の花芽分化は播種後15日前後に始まることから (Guard 1931, 福井・後藤 1962, 加藤 1964), 生育初期の栄養生長量は気温や日射量などの環境条件の影響を通じて花蕾数の決定に関わると推察された。したがって、密植は一節花蕾数よりも m² 当り節数を通じて総花蕾数を増加させていると考えられた。着生節位別にみると、一節花蕾数が最も多いのは主茎上位で、1994年には14以上となり、シンク機能が最も発達していた(第6表)。それとは対照的に主茎下位は、一節花蕾数が最も少なく、シンクとしての機能はほとんど果たしていなかった。すなわち、ソース機能の充実している部位では多くの花蕾が分化発育し、本研究でみる限り結莢率には部位間で大きな相違はないことから、莢数は花蕾数の多少によって大きく影響されることがわかった。

最後に総花蕾数とそれを構成する各要素の関係について検討した(第10表)。総花蕾数は総節数と一節花蕾数の積によって示されるが、両者ともに総花蕾数と正の相関関係(1%水準で有意)が認められた。また、総節数は有意ではないものの、一節花蕾数と正の相関がみられた。さらに、一節花蕾数は一節花房数と一花房花蕾数の積によって示されるが、両者ともに一節花蕾数と正の相関(1%水準で有意)がみられた。また一節花房数と一花房花蕾数の間には正の相関(1%水準で有意)が認められた。

したがって、総花蕾数は節数とその節に着生する花蕾数の両者の増加によって著しく多くなることがわかった。また、総節数は有意ではないものの一節花蕾数と正の相関があり、総節数が多くなっても一節花蕾数が増加する傾向が認められた。低次位花房は一節に1つ以上着生しないことから、低次位の一節花蕾数は一花房花蕾数の増加により、高次位花房では一花房花蕾数の区間差が小さかったことか

ら(第6表)、高次位の花蕾数は主として一節花房数の増加により、それぞれ増加したものと考えられた。さらに、一節花房数と一花房花蕾数との間にも有意な正の相関が認められ、一節花蕾数の増加に及ぼす両者の相乗作用も認められた。

以上より、総花蕾数は各節位における花房とその花房に着生する花蕾数との両者の増加により、さらには花蕾数の多い節数が増えることにより、すなわち、総花蕾数を決定する全ての要素が増加することにより多くなることが明らかとなった。

本報の結果、ダイズの収量は主として莢数により、莢数は花蕾数により決定されることが明らかとなり、結莢率が収量の多少に及ぼす影響は小さいことが認められた。したがって、ダイズの収量増加を図るためには、花蕾を多く分化・発育させることが重要であると考えられた。そこで次報においては、時期別の短期遮光処理にともなう花蕾数、結莢率の変動を調査することを通じて、花蕾数の決定する時期を明らかにしたい。

引用文献

- 浅沼興一郎・中潤三郎・木暮秩 1977. 秋ダイズにおける乾物生産と栽植密度との関係. 香川大学農学部学術報告 28(60): 11-18.
- 浅沼興一郎 1977. 開花期前後の遮光が秋ダイズの収量成立に及ぼす影響. 香川大学農学部学術報告 29(61): 11-16.
- Board, J.E. 1985. Yield components associated with soybean yield reductions at nonoptimal planting dates. *Agron. J.* 77: 135-140.
- Dominguez, C. and D.J. Hume 1978. Flowering, abortion, and yield of early-maturing soybeans at three densities. *Agron. J.* 70: 801-805.
- Guard, A.T 1931. Development of floral organs of the soy bean. *Bot. Gaz.* 91: 97-102.
- 福井重郎・後藤虎夫 1962. 日長及び温度が大豆の花芽の分化並びに花器の発達に及ぼす影響の品種間差異. I 大豆花器の発育過程. 育種 12: 17-26.
- Heindl, J.C. and W.A. Brun 1984. Patterns of reproductive abscission, seed yield, and yield components in soybean. *Crop Sci.* 24: 542-545.
- Herbert, S.J. and G.V. Litchfield 1982. Partitioning soybean seed yield components. *Crop Sci.* 22: 1074-1079.
- 池田武・佐藤 庚 1990. ダイズ栽培における栽植密度と収量構成要素との関係. 日作紀 59: 219-224.

- Isobe, K., M. Kokubun and Y. Tsuboki 1995. Effects of soybean raceme-order on pod set and seed growth in three cultivars. *Jpn. J. Crop Sci.* 64: 281–287.
- 加藤一郎 1964. 大豆における脱落花器及び不稔実粒の組織学的並びに発生学的研究. *東海近畿農業試験場研究報告* 11: 1–52.
- 川島良一 1965. 大豆の密植多収栽培法. *農及園* 40: 770–774.
- 昆野昭晨 1979. これからのダイズ作に関する諸問題 [1] —生理生態を中心に—. *農及園* 54: 249–255.
- 国分牧衛 1988. 大豆の Ideotype の設計と検証. *東北農業試験場研究報告* 77: 77–137.
- 黒田俊郎・大石保之助・木下収・栗原浩 1979. ダイズの次位別開花・結実習性. *日作紀* 48(別1): 43–44.
- 黒田俊郎・郡健次・熊野誠一 1991. ダイズの花房次位別着莢に及ぼす栽植密度の影響. *日作紀* 61: 426–432.
- 黒田俊郎・植高智樹・郡健次・熊野誠一 1992. ダイズにおける花房次位別の花器脱落習性. *日作紀* 61: 74–79.
- Lueschen, W.E. and D.R.Hicks 1977. Influence of plant population on field performance of three soybean cultivars. *Agron. J.* 69: 390–393.
- 斎藤邦行・稲村隆治・石原邦 1994. ダイズ複葉の運動と環境条件との関係. 第3報 イネとダイズ個体群内の微細環境の比較. *日作紀* 63: 480–488.
- Shibles, R., I.C. Anderson and A.H. Gibson 1975. Soybean. In *Crop Physiology* (Ed.) L.T. Evance, Cambridge Univ. Press, Cambridge. 151–189.
- 島田信二・広川文彦・宮川敏男 1990. 山陽地域の水田転換畑高収量ダイズに対する播種期および栽植密度の効果. *日作紀* 59: 257–264.
- 杉山信太郎・松沢宏・堀内寿郎・川島良一 1967. 栽植密度・様式の変動がダイズの生育と収量に及ぼす影響について. *長野県農業試験場報告* 32: 34–50.
- 鳥越洋一・進士宏・栗原浩 1982. ダイズの発育形態と収量成立に関する研究. 第2報 花房着生の規則性と次位別花房の開花習性. *日作紀* 51: 89–96.
- Parvez, A.Q., F.P. Gardner and K.J. Boote 1989. Determinate- and indeterminate-type soybean cultivar responses to pattern, density, and planting date. *Crop Sci.* 29: 150–157.

Significance of Flower Differentiation and Development in the Process of Determining Soybean Yield: —Relation between the Number of Pods and Flowers—: Kuniyuki SAITOH*, Sachiko ISOBE and Toshiro KURODA (*Fac. of Agr., Okayama Univ., Okayama 700-0082, Japan*)

Abstract: The soybean cultivar 'Tachisuzunari' was cultivated with 6.3, 12.5 and 25.0 plants per m² in 1992, 1993 and 1994 to elucidate the yield determining process as influenced by the nodal position on the stem and raceme order. Seed yield increased in accordance with increasing density, especially in 1994, due to an increase in the number of pods under higher air temperature and increased hours of sunlight. Negative correlations were found between the number of pods per m², seed per pod, seed size and seed setting. The changing pattern in the number of daily flowers opening was different among years (i.e., in 1994, flowering continued for a long period and the total number of flowers was greatly increased). Flower or pod shedding peaked at the start of pod elongation, irrespective to the plant density and year. The number of pods on the basal raceme order increased with increasing density as compared to the upper raceme orders. The number of pods was closely correlated with total number of floral buds, but not with pod sets. The number of flowers were significantly different among the nodal positions. The pod sets of basal raceme orders were higher than those of upper raceme orders. The total number of floral buds were significantly correlated with the total number of nodes and the number of buds per node. Close correlations were found between the number of buds per node, the number of racemes per node and the number of buds per raceme.

Key words: Flowering habit, Number of floral buds, Pod set, Raceme order, Sink abortion, Soybean, Yield.