

ダイズの花房次位別着英に及ぼす栽植密度の影響*

黒田 俊郎・郡 健次・熊野 誠一

(岡山大学農学部)

1992年1月31日受理

要 旨 : ダイズの結英に及ぼす栽植密度の影響を花房次位の観点から明らかにするため、品種タチスズナリとタマホマレを栽植密度3段階で圃場栽培し、開花と結英状況を経時的に調査した。開花は、低次位(1次・0次)、高次位(2次極枝・2次・3次・4次)の順に明確な時期的ずれを示し、品種と栽植密度を異にしてもその推移は変わらなかった。個体の花数は密植区で減少したが、低次位よりも高次位の減少が顕著で、低次位花の占める割合が増大した。タマホマレの結英率は密植区で上昇したが、低次位が大きく寄与した。タチスズナリでは微下降にとどまったが、これも低次位の結英率の低下が小さかったためであった。個体の稔実英数は密植区で減少したが、低次位の減少程度は小さかった。面積当たり英数は密植区で増加したが、低次位が大きく貢献した。密植による増収には、低次位と主茎の花房が重要な役割を果たすことが示唆された。

キーワード : 開花, 花房次位, 結英率, 栽植密度, 英数, ダイズ。

Influence of Planting Density to Podding of Soybean Plants with Special Reference to Raceme Order :
Toshiro KURODA, Kenji KOHRI and Seiichi KUMANO (*Faculty of Agriculture, Okayama University, Okayama 700, Japan*)

To clarify the influence of planting density on podding of soybeans, field experiment was conducted in terms of the identification of the raceme order (RO). Soybean cultivars 'Tatisuzunari' and 'Tamahomare' were grown at three planting densities (6.25, 12.5, 25.0 plants/m²) for the investigation of flowering and podding. The flowering of raceme started orderly from lower ROs including zero-and 1st-order, and then extended toward higher ROs without showing the density and cultivar effects. The total amount of flowers per plant was reduced in higher density, especially on account of higher ROs. It was shown that podding efficiency of 'Tamahomare' rose in higher density by the contribution of lower ROs. On the other hand, 'Tatisuzunari' showed slight decrease of the efficiency in higher density, which was derived from the unstability on higher ROs. The reduction of total amount of ripened pods per plant was severe in higher density, but the number in lower ROs was less decreased. Pods per unit area increased in higher density owing to increasing pods in lower ROs. It was suggested that the increasing yield of soybean in higher density relates to the spreading of the share of pods on main stems together with that of lower ROs.

Key words : Flowering, Planting density, Podding, Podding efficiency, Raceme order, Soybean.

ダイズの開花習性は、花器を花房次位別にとらえることによって明瞭になることが報告されている^{5,6,9)}。また花器数、花器脱落数および結英率も花房次位ごとに異なることも明らかになりつつある^{3,6)}。一方、栽植密度の相違が英数ひいては収量に大きく影響することは広く知られている^{1,2,7,8)}。しかしながら、栽植密度と品種とを変えた場合に、収量構成要素の中で最も重要と思われる英数が花房次位別にどのように決定されるかについては、知見が不十分である。

本研究はダイズの結英に及ぼす栽植密度の影響を花房次位の観点から明らかにするため、栽植密度および品種を変えて圃場栽培を行い、開花と結英状況を経時的に追跡して稔実英数の変動を解析しようとするものである。さらに、花房次位からみた開花習性についての従来の知見との関連から、収量成立過程をよりの確に把握し、栽培技術改善に寄与しよう

とするものである。

材料と方法

ダイズ有限伸育型品種タチスズナリ(生態型 II b)およびタマホマレ(同 III c)を供試し、岡山大学農学部附属農場圃場(土性;花崗岩質砂壤土,前作;エンバク)において栽培した。栽植密度を3水準とし、疎植区(6.25本/m²),中間区(12.5本/m²)および密植区(25.0本/m²)を設定した。畦幅は各区とも80cmで、株間を疎植区から順に20cm,10cm,5cmとした。各品種の1区面積は疎植区から順に、44.8m²(5.6m×8m),28.0m²(5.6m×5m),16.8m²(5.6m×3m)とし、反復は設けず各区から個体別サンプリングを行った。

試験区面積は合計1.8aで、区の周辺はタチスズナリによる通常のダイズ栽培圃場とした。

施肥は全量を基肥とし硫酸(10a当たり成分量N2.1kg),熔燐(同P₂O₅10.0kg),塩加(同K₂O

* 大要は第189回講演会(1990年4月)において発表。

第1表 品種・栽植密度別の個体生育概要。

品 種 区	植物单位数		1 次 分枝数	極枝数	主茎長 (cm)	茎重 (g)	茎径 (cm)
	主茎	総数					
タチスズナリ							
疎植区	14.9	46.9 a	6.4 a	10.3 a	57.8 a	19.4 a	0.99 a
中間区	15.0	36.8 b	5.3 a	5.7 ab	72.4 b	14.9 b	0.88 b
密植区	14.7	26.7 c	4.1 b	4.6 b	79.0 c	11.6 c	0.77 c
	n.s.	**	**	**	**	**	**
タマホマレ							
疎植区	16.0	62.4 a	7.8 a	12.5 a	66.8 a	25.5 a	1.01 a
中間区	15.6	41.8 b	5.3 b	8.6 b	76.9 b	17.3 b	0.90 b
密植区	15.4	28.8 c	4.4 c	5.0 c	89.6 c	13.0 c	0.78 c
	n.s.	**	**	**	**	**	**

** 分散分析により1%水準で有意差有り，同一英小文字を付した区間には new multiple range test による有意差(1%水準)が認められないことを示す。
総植物单位数は極枝単位を含まない。

12.0 kg) を施用した。1989 年 6 月 26 日に 1 株 2 粒を点播し，初生葉展開後に間引いて 1 株 1 本立てとした。

栽培期間中の平均気温は平年並みで，降水量は 8 月および 9 月に平年をやや上回ったが日照時間は平年並みないしやや多く，気象条件としては概ね良好であった。不測の花器脱落を防ぐため，病虫害の防除および灌水には特に留意した。登熟期には台風によって軽微な倒伏が生じたので支持棒とビニールひもで補強した。

各区 5 個体を開花・結莢調査用とし，うち特に生育中庸な 2 個体について花房次位を同定しながら開花の状況を毎日調査した。以下，これらを代表 2 個体合計値または平均値で示すが，2 個体間の傾向は同一であった。

収穫期には損傷のない 10 個体を別に選定し，花房次位別に稔実莢数を測定した。

結果と考察

1. 個体における花房次位別着莢

(1) 生育概要

まず，各区における個体の生育概要を第 1 表に示した。主茎植物单位数は品種による違いはあるものの，栽植密度には影響されなかった。しかし植物单位総数，1 次分枝数，極枝数，茎重および茎径は，品種間ではタマホマレが優り，栽植密度間では疎植の方が大きい値を示した。主茎長は品種間ではタマホマレの方が長い，栽植密度間では密植の方が長かった。以上のように個体生育の栽植密度に対する反応は従来の知見と一致するものであったが，花器数

や莢数と直接関係する形質については後述する。

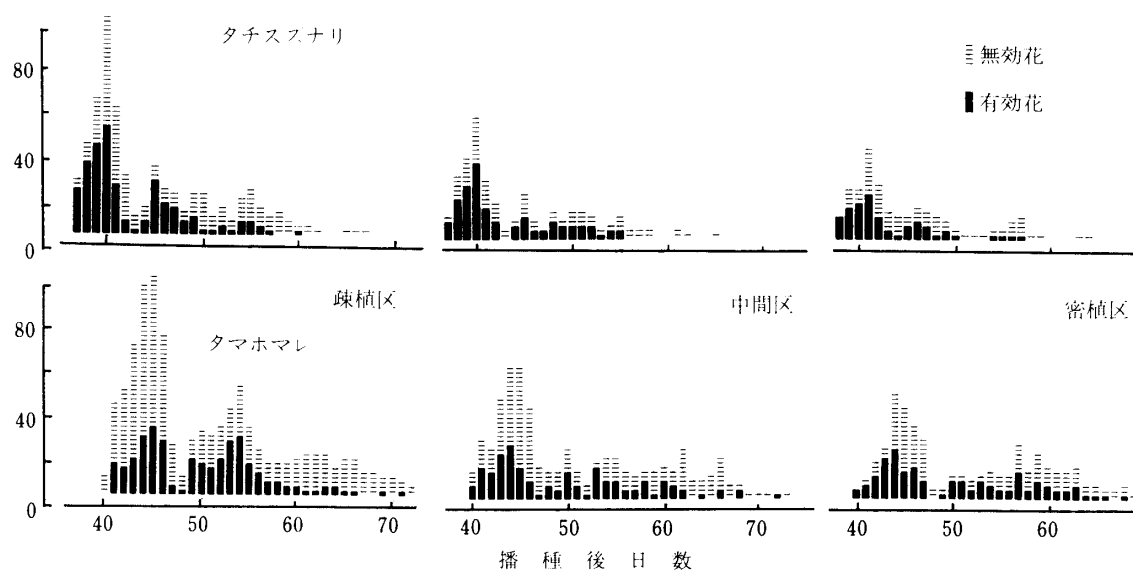
(2) 開花の推移

第 1 図に各区の個体における開花の時期的推移を有効花（稔実莢となる花）と無効花（落花・落莢・不稔莢となる花）に分別して示した。開花始期はタチスズナリで播種後 37 日，タマホマレで同 40 日で，栽植密度による差異は認められなかった。開花期間はタチスズナリで 27-31 日，タマホマレで 30-34 日であったが，栽植密度による変異はほとんど認められなかった。

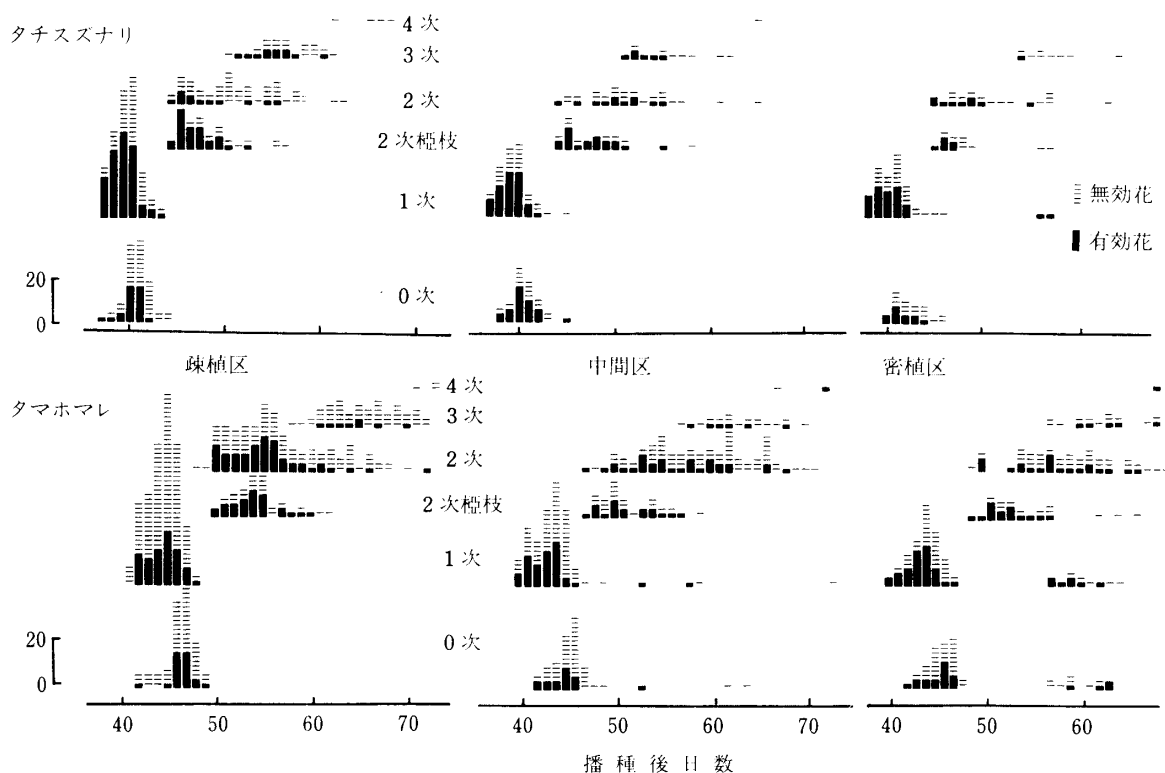
有効・無効をあわせた開花数の推移のパターンは品種・栽植密度を異にしても類似したものとなった。有効花の推移をみると，栽植密度間での違いはほとんど無く，品種間差異が明瞭であった。分布の相違を確認するため由田ら¹⁰⁾が用いた有効開花期間（有効花の 70% が開花するまでの日数）を算出すると，タチスズナリで 6-9 日，タマホマレで 13-16 日となり，有効開花期間は両品種で大きく異なった。すなわち，タチスズナリでは有効花の開花が開花期間の初頭に集中したが，タマホマレでは比較的後期まで持続する傾向が認められた。この有効開花期間に関し，由田ら¹⁰⁾は有限伸育型品種では 10 日程度とし，大きな品種間差異を認めていないが，本実験のように IIb・IIIc と品種の生態型がかなり異なる場合には品種間差異が生ずるものと理解される。

一方，栽植密度による開花期間と有効開花期間への影響は小さく，一定の傾向は認められなかった。

つぎに，開花状況を詳細に検討するため，第 2 図に各区の個体における花房次位別の推移を示した。開花は各区とも日数の経過に伴い，1 次花房と 0 次



第1図 品種・栽植密度別開花の推移。
代表2個体合計値。稔実莢となる花を有効花とした。



第2図 品種・栽植密度の違いによる花房次位別開花の様相。
代表2個体合計値

花房、2次極枝花房と2次花房、3次花房という明確な時期的ずれを示しながら推移した。この推移は品種と栽植密度を異にしてもほとんど変わらず、ダイズにおける開花の習性と理解された。ただし、花房次位別の量的関係は後述のように異なった。また密植区、特にタマホマレの場合には遅れて開花する低次位花が認められたが、これは通常よりも遅れて伸

長する弱勢1次分枝によるもので、数は少なかった。

花房次位別に開花期間を検討すると、大半の低次位花は各区とも7-8日程度で開花を終了し、品種・栽植密度による差異は認められなかった。一方、高次位花では栽植密度による差異は認められないものの、品種間差異が顕著で、タマホマレが長かった。したがって、個体の開花期間の長さは高次位花によ

第2表 品種・栽植密度別の花房次位花数とその割合。

品種 区	0次	1次	2次極枝	2次	3次	4次	低次計	高次計	総数
タチスズナリ									
疎植区	103(20)	204(39)	69(13)	95(18)	42(8)	4(1)	307(59)	210(41)	517
中間区	63(22)	109(38)	45(16)	48(17)	21(7)	1(0)	172(60)	115(40)	287
密植区	46(21)	94(44)	23(11)	36(17)	15(7)	0(0)	140(65)	74(35)	214
タマホマレ									
疎植区	124(14)	315(36)	84(10)	243(28)	97(11)	4(0)	439(51)	428(49)	867
中間区	96(19)	179(35)	57(11)	154(30)	26(5)	2(0)	275(54)	239(46)	514
密植区	90(24)	133(35)	41(11)	88(23)	24(6)	1(0)	223(59)	154(41)	377

代表2個体合計値。()内は総数に対する割合(%)。

第3表 品種・栽植密度別の花房次位別結莢率*。

品 種 区	0次	1次	2次極枝	2次	3次	4次	低次	高次	全体
タチスズナリ									
疎植区	39	62	71	25	40	0	54	43	50
中間区	62	61	73	35	43	0	62	51	57
密植区	41	56	52	39	7	0	51	36	46
タマホマレ									
疎植区	30	28	64	40	12	0	28	38	33
中間区	28	39	54	35	23	(50)	35	38	37
密植区	37	54	61	41	29	(100)	47	45	46

*開花数に対する稔実莢数の割合(%)。代表2個体平均値。

()内は花数が少ないため、参考値。

るものであった。タチスズナリの栽植密度を変えた場合の花房次位別開花の推移については、すでに鳥越ら⁹⁾が報告しており、同様の結果が得られた。

つぎに、有効花に着目すると、これも花房次位別に時期的ずれを伴って開花が推移した。次位別にみても、初期に多いものの、後期にまで継続する推移を示した。前述のように有効開花期間が品種間で異なり、タマホマレでは比較的後期まで有効花の開花が持続したが、高次位の花器に起因することが明白であった。また、タマホマレ疎植区で顕著なように、有効開花期間が長期化する原因のひとつは低次位有効花が低調に推移することであった。

(3) 花房次位別花数

第2表には各区における花房次位別花数とその割合を示した。品種・栽植密度にかかわらず1次花房の花数が最も多く、その割合も40%前後に達した。0次花と2次花がこれに次ぎ、以下極枝、3次、4次の順であった。

品種間で比較すると、各次位ともタマホマレの方が多い傾向が明らかで、特に2次において著しかった。結局、花数総数はタマホマレがタチスズナリを上回った。

花房次位別花数の割合でみると、低次位ではタチ

スズナリが59-65%で、タマホマレの51-59%よりもやや多い結果となった。換言すれば、タマホマレの方が高次位に依存する程度が大きかった。

栽植密度に対する反応をみると、密植区では両品種とも全ての次位で花数が減少した。疎植区に対する密植区の減少率は、タチスズナリでは低次位54%、高次位65%、タマホマレでは低次位49%、高次位61%となって、いずれも高次位が一層減少した。すなわち、密植化による花数への影響は低次位よりも高次位において顕著であった。その結果、両品種とも密植区は低次花の割合がやや高くなる傾向が認められた。

(4) 花房次位別結莢率

第3表には各区における花房次位別結莢率を示した。タチスズナリでは低次位が高次位に比し高い値を示した。0次の結莢率は中間区以外では高いとは言えず、1次の結莢率の高いことと花数そのものが多いことが、低次位全体の高い結莢率をもたらした。高次位の中にあって2次極枝は極めて高い値を示し、2次は最も低い値を示した。タチスズナリの結莢率は密植区でやや低下したが、その程度は低次位において比較的小さいものであった。

タマホマレの結莢率は全体的にタチスズナリより

第4表 品種・栽植密度別の花房次位別稔実英数とその割合。

品種 区	0次	1次	2次極枝	2次	3次	4次	低次計	高次計	総数
タチスズナリ									
疎植区	40(16)	126(49)	49(19)	24(9)	17(7)	0(0)	166(65)	90(35)	256
中間区	39(24)	67(41)	33(20)	17(10)	9(5)	0(0)	106(64)	59(36)	165
密植区	19(19)	53(54)	12(12)	14(14)	1(1)	0(0)	72(73)	27(27)	99
タマホマレ									
疎植区	37(13)	87(30)	54(19)	98(34)	12(4)	0(0)	124(43)	164(57)	288
中間区	27(14)	70(37)	31(16)	54(29)	6(3)	1(1)	97(51)	92(49)	189
密植区	33(19)	72(41)	25(14)	36(21)	7(4)	1(1)	105(60)	69(40)	174

代表2個体合計値。()内は総数に対する割合(%)。

第5表 品種・栽植密度別の花房次位別面積当たり稔実英数*。

品 種 区	0次	1次	2次極枝	2次	3次	4次	低次計	高次計	総数
タチスズナリ									
疎植区	125	394	153	75	53	0	519	281	800
中間区	244	419	206	106	56	0	663	369	1031
密植区	238	663	150	175	13	0	900	338	1238
タマホマレ									
疎植区	116	272	169	306	38	0	388	513	900
中間区	169	438	194	338	38	6	606	575	1181
密植区	413	900	313	450	88	13	1313	863	2175

*m² 当たり稔実英数。低次計は0次、1次の合計、高次計はその他の合計。代表2個体。

低かったが、0次・1次の一方または両方が低く、低次位が低い値となった。相対的に高次位が高い値を示したが、これには2次極枝がタチスズナリと同様かなり高いこと、および2次が低次位を上回るほど高いことが貢献していた。タチスズナリとは逆に、密植区では結実率は上昇し、低次位と高次位両者によるものであった。結実率の上昇程度は低次位の方が顕著であった。

品種と栽植密度にかかわらず、2次極枝の結実率が他の次位に比べ極めて高い値を示した。開花始期以降に出現する複葉の腋芽に着生することが2次極枝における高い結実率と関連するものと推察されるが、ソース-シンク関係の実態を解明することが今後の課題であろう。

(5) 花房次位別稔実英数

第4表に花房次位別稔実英数とそれぞれが全体に占める割合を示した。タチスズナリでは1次が最も多く、0次と2次極枝がこれに次ぎ、さらに2次、3次の順であった。疎植区では低次位が65%、高次位が35%を占めた。密植区では稔実英総数が疎植区の38%にまで減少した。減少の内訳は、低次位稔実英数が43%に、高次位稔実英数が27%にそれぞれ減少した。結果的には疎植区で65%を占めた低次位が、密植区では73%を占めることとなった。タマホ

マレの稔実英数はタチスズナリに比し高次位の割合が高く、特に2次が多いことが特徴的であった。密植区での稔実英総数の減少はタチスズナリよりも小さく、疎植区の60%に低下したに過ぎず、低次位で85%に、高次位で42%に低下するにとどまった。低次位の稔実英数は疎植区で43%占めたが、密植区では60%にまで拡大した。

2. 単位面積当たり英数への影響

(1) 花房次位別英数

第5表に花房次位別の単位面積当たり稔実英数(英数/m²)を示した。両品種とも栽植密度が高まるにつれて大幅に増加し、密植区ではタチスズナリが1238、タマホマレが2175となり、対疎植区ではそれぞれ155%、242%に相当した。増加量の内訳は低次位のものが圧倒的に多く、タチスズナリで87%、タマホマレで73%であった。したがって、m²当たり英数の密植区での増加には、低次位が大きく貢献したといえる。しかしながら、タチスズナリの2次、タマホマレの2次極枝・2次・3次でみられるように、高次位が密植によって増加することも軽視できないであろう。

(2) 主茎と分枝別の英数

前述のように、栽植密度が英数の花房次位別構成に重大な影響を及ぼすことが明らかになったが、密

第6表 品種・栽植密度別の主茎・分枝の花房次位別莢数*

品 種 区	主 茎			分 枝			総数
	低次位	高次位	合 計	低次位	高次位	合 計	
タチスズナリ							
疎植区	97(14)	104(15)	201(29)	358(50)	155(22)	513(72)	714
中間区	196(23)	176(20)	373(43)	373(43)	121(14)	494(57)	866
密植区	390(28)	300(21)	690(49)	498(35)	215(15)	713(50)	1403
タマホマレ							
疎植区	69(8)	126(14)	195(22)	294(33)	393(45)	687(78)	882
中間区	164(15)	289(27)	453(42)	341(32)	269(25)	610(57)	1063
密植区	333(22)	345(23)	678(45)	468(31)	355(24)	823(55)	1500

*m²当たり稔実莢数。

低次位は0次, 1次の合計, 高次位はその他の合計, 10個体平均値, ()内は総数に対する割合(%).

植における分枝の減少との関係を以下に検討する。第6表には花房次位別のm²当たり莢数を主茎と分枝とに分別して示した。まず, 主茎についてみると低次位・高次位とも密植になるにつれて急激に増大した。これは個体における主茎の着莢に対し栽植密度の影響が小さいことを示している。しかし低次位と高次位とを比較すると低次位の増大の方がかなり大きい結果となった。

分枝においては, 密植区の増加はさほど大きくはなく, 特に高次位についてはタチスズナリではやや増加したがタマホマレでは減少傾向となった。総数に占める分枝・高次位の割合は低下した。

これらの面積当たり莢数の変動を主茎と分枝および花房次位の観点から整理すれば, 密植によって, 分枝に比較し高次位の多い主茎で低次位化が急激であったこと, その主茎の占める割合が増加したことが特徴といえよう。低次位と主茎への依存が相乗的に密植による面積当たり莢数の増大をもたらしたと考えられる。ただし, タマホマレにおける分枝高次位の急激な割合低下にみられるように, 品種間でもこの影響は微妙に変化するといえよう。

従来から莢数の増大が増収に結びつく場合の多いことが知られている⁸⁾。浅沼⁹⁾は栽植密度を変えた秋ダイズの場合, 面積当たりの総節数と莢数とが相関することを認めた。そこで, 面積当たり植物単位総数と莢数との関係を見ると, 相関係数0.952と有意な値が得られた。これを花房次位別に検討すると, 0次, 1次では有意な相関係数が得られたが, 高次位では有意とはならなかった。また主茎・分枝別にみると, 主茎では低次位と高次位ともに有意な相関係数となったが, 分枝では両次位とも有意とはならなかった。

国分⁴⁾は人為的に分枝を切除した主茎型の子実が密植により増収したことを報じ, 栄養生長量の増大する条件で安定多収となるとした。密植, 主茎型および増収の関連性が本実験の場合と類似している。主茎型が栄養生長量を介して低次位依存型と結びつくと予測されるが, 今後の究明を要する点である。

(3) 密植による主茎化と低次位化

以上のように, 密植条件は莢の構成に対し主茎依存かつ低次位依存へと影響を及ぼすことが認められる。同時に, その程度は品種により異なった。そこで着莢の主茎化(主茎依存程度; 稔実莢数に占める低次位の割合)と低次位化(低次位依存程度; 稔実莢数に占める低次位の割合)を軸として, 密植による莢数増加について考察する。タチスズナリは, 疎植条件での分枝・低次位型から密植条件での主茎・低次位型へ移行して莢数/m²を増大させ, タマホマレは分枝・高次位型から主茎・低次位型へと移行し密植による莢数/m²増大を可能にしたととらえることができる。莢数増大は主茎化と低次位化とが相まって実現した。その過程には品種間の差異があって, 実際栽培にあたっては環境条件や収量レベルの違いを考慮に入れる必要があろう。開花期前後のストレスが花房次位別の莢数構成に影響を与えることも知られており⁵⁾, 主茎化と低次位化の2軸の中で微妙な変化を示す場面があることも当然である。たとえば, 西入⁷⁾が報じている寒冷地で早生品種を用いた超密植による減収の場合は, 主茎化と低次位化がどの様に展開するのか今のところ不明である。また, 大庭²⁾らが明らかにした土壌の種類と肥沃度を変えた場合の栽植密度と収量の関係についても, 主茎化と低次位化との関連が興味深い点である。実際栽培レベルでの検証が不可欠である。しかしながら, 栽

植密度が耕種条件の中で比較的容易に変更可能でしかも収量と密接な関係があることを考えると、主茎化と低次位化との関係は極めて重要であろう。

以上、栽植密度による莢数の構成については、花房次位別に花数と結莢率に一定傾向の変化をもたらし、これが個体の莢数に差異を生じ、ひいては単位面積当たりの莢数を決定するものであるが、1 莢粒数、100 粒重、個体当たり子実重などの収量形質および地上部の態勢との関係の解明がさらに進められるべきであろう。

引用文献

1. 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): 11-16.
2. 大庭寅雄・大久保隆弘 1973. 東北地方における大豆栽培技術の地域性に関する研究. 第3報 最適葉面積の土壌間差およびその最適栽植密度. 日作東北支部会報 15: 77-79.
3. 郡 健次・黒田俊郎・植高智樹・熊野誠一 1991. ダイズ品種の花房次位別結莢に及ぼす遮光の影響. 日作紀 60 (別 1): 52-53.
4. 国分牧衛 1988. 大豆の Ideotype の設計と検証. 東北農試研報 77: 77-142.
5. 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.
6. 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.
7. 西入恵二 1976. 寒冷地における機械化栽培ダイズの生産力解析に関する研究. 東北農試研報 54: 91-186.
8. 杉山信太郎・松沢 宏・堀内寿郎・川島良一 1967. 栽植密度・様式の変動が大豆の生育と収量に及ぼす影響について. 長野県農試報告 32: 39-50.
9. 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.
10. 由田宏一・野村文雄・後藤寛治 1983. ダイズにおける個体内の開花時期と子実生産. 第2報 開花日別にみた着莢率, 着莢相および収量諸形質. 日作紀 52: 567-573.