

秋ダイズにおける乾物生産と栽植密度との関係

浅沼興一郎, 中 潤三郎, 木暮 秩

ON THE RELATION BETWEEN DRY MATTER PRODUCTION
AND PLANT DENSITY IN AUTUMN TYPE SOYBEANS

Koh-ichiro ASANUMA, Junzaburo NAKA and Kiyoshi KOGURE

The present experiment was carried out to obtain some information about the yield-determining process in soybean plants concerning with dry matter production under three plant densities, using the autumn type variety "Akiyoshi" as material. The three plant densities conducted were 'low' ($3.3/m^2$), 'medium' ($6.6/m^2$), and 'high' ($13.2/m^2$) under field conditions.

With increase in plant density, dry weight of each organ, numbers of branches, total nodes, leaves, pods and seeds per plant decreased, but the results per sq. meter were generally contrary to the results per plant.

Though the productive structures in three plant densities showed the type of broad leaf plants, vertical distribution of photosynthetic system was restricted in upper portion with progress in growth stage and with increase in plant density, showing a close relation to the light distribution within canopies.

Of the various yield components, the number of total pods and the ratio of fertile/total pods might be dependent on dry matter production at the vegetative growing stage and the early maturing stage, respectively.

Judging from these results, it appears that 'high' density in this experiment may be a limit beyond which further increase in plant density will not increase the seed yield.

秋ダイズの収量成立過程を群落における乾物生産の面から解明するため、「アキヨシ」を供試して、栽植密度を疎 (3.3 個体/ m^2)、中 (6.6 個体/ m^2)、密 (13.2 個体/ m^2) とした3区について実験した。

作物体の生育状況をみると、個体あたりでは密植になるほど主莖長は大となったのに反し、分枝数、総節数、総葉数、総莢数、子実数、各器官の乾物重は小となったが、単位土地面積あたりでは概して相反する様相を呈した。

乾物生産構造は各区とも広葉型の特色を呈し、光合成系は生育が進むに従い、一方では密植になるほど下層位での分布が少なくなる傾向が認められ、群落内相対照度の分布と密接な関連を示していた。

収量構成要素のうち、総莢数は栄養生長期の、また稔実莢歩合は登熟初期の乾物生産とそれぞれ密接な関連を有していると考えられた。

以上の諸点より、本実験における密植区は子実収量からみた栽植密度の限界に近いことがうかがわれた。

結 言

ダイズの収量成立に関係の深い要素としては、節数、莢数、子実数、百粒重などがあげられ、これらはまた相互に影響しあいながら成立していくものと考えられる。これら要素間の相互関係については若干の報告^(6,14)もみられるが、個々の要素について、その成立過程を解析したものは、わずかに関東地方で中間ダイズを供試して行った小島ら⁽¹³⁾の報告をみるに過ぎない。このような研究は暖地における秋ダイズの多収栽培を考えるにあたって最も基本的なもの

と思われる。

一方、ダイズの適栽植密度決定に関する試験の例は多く^(1,3,4,6,9,11,12,13,20)、しかもこれらの他に各地の農業試験場等において古くから行われ続けて来ているが、各地の試験を統一的に把握できるような原則が十分に示されているとはいえない。

よって筆者らは栽植密度を変えた場合におけるダイズの収量成立を、群落状態における作物体の生育ならびに乾物生産の面から検討し、上述の問題を解明するための基礎的な知見を得ようとした。

実験材料および方法

供試品種として「アキヨシ」(生態型 IIIc, 秋ダイズ型)を用い、6月21日、本学部の研究圃場に播種した。実験区としては栽植個体数が m^2 あたり疎植3.3、中植6.6、密植13.2となるような3区を設定したが、栽植方法は畦巾をいづれも75cmとし、1株1本仕立て、栽植密度の調節は株間を変化させて行った。肥料はすべて基肥とし、アールあたり硫安1.9kg、過石5.6kg、硫加5.6kgを施した。

Table 1. Sampling schedule

Sampling time	I	II	II	IV	V	VI
Date	Jul. 14	Aug. 3	Aug. 23	Sept. 13	Oct. 7	Nov. 15
Stage of growth	Early growing	Vigorous growing	Full flowering	Early maturing	Middle maturing	Full maturing

生育調査ならびに試料採取は生育の時期別に6回実施した (Table 1 参照)。すなわち、まず各区において中庸と認められる場所を選定し、生育調査を行った後、地上10cmごとに層別刈取法⁽¹⁰⁾を実施して試料を採取し、葉面積ならびに器官別乾物重を測定した。また同時に硫化カドミウム光導電体を用いた群落相対照度計によって地上から10cmごとの相対照度を測定した。葉緑素は生葉を用い、85%アセトンで抽出後、比色分析(波長660m μ)によって定量した。

結果および考察

1. 生育状況

作物体の生育状況を Fig. 1 に示した。まず主茎長は密植になるほど大きくなったが、主茎節数に区間差は認められず、主茎長における差異は第6複葉節から上部の節間長の違いに基づいていた。このことはいわゆる群落生態学的現象⁽¹⁹⁾として理解されてきたもので、この節間が伸長する前後から密植になるほど個体間競合が起ってくるためと解される。つぎに個体あたり分枝数、総節数、総葉数、総莢数、子実数は密植になるほど少なくなると推移し、作物体の生育は繊弱になる傾向を示した。また登熟中期以降においては、密植区および中植区で弱小な2次分枝が脱落し、分枝数、総節数、総莢数が減少した。しかし土地面積 m^2 あたりでは概して密植になるほど、これらの要素が多い状態で推移し、群落としての生育は旺盛な様相を呈した。いま完全熟期における生育状況を示せば Table 2 のとおりである。

これらの成績からみれば、各要素とも密植になるほど個体あたりでは明らかに小さくなるのに対し、 m^2 あたりでは概して大きくなっていった。また密植になるほど2次分枝の関与する割合は小さくなっていった。全般に密植区と中植区との間における差は中植区と疎植区との間の差よりも小さく、さらに平均一莢粒数および百粒重については、栽植密度を異にしても著しい相違が認められなかった。

つぎに各器官における乾物重の推移について述べると (Fig. 2, 3 参照)、いずれの器官においても密植になるほど、個体あたりでは低く、土地面積 m^2 あたりでは概して高い状態で経過した。ただ m^2 あたりの場合、密植区と中植区の値は近似し、とくに茎および子実では両区間の差がわずかであった。

以上の結果はダイズの栽植密度に関する従来の報告^(1,3,4,6,9,11,12,13,20)とよく一致した。なお本実験における密植区は子実収量からみた限界密度にほぼ近いことが推察された。

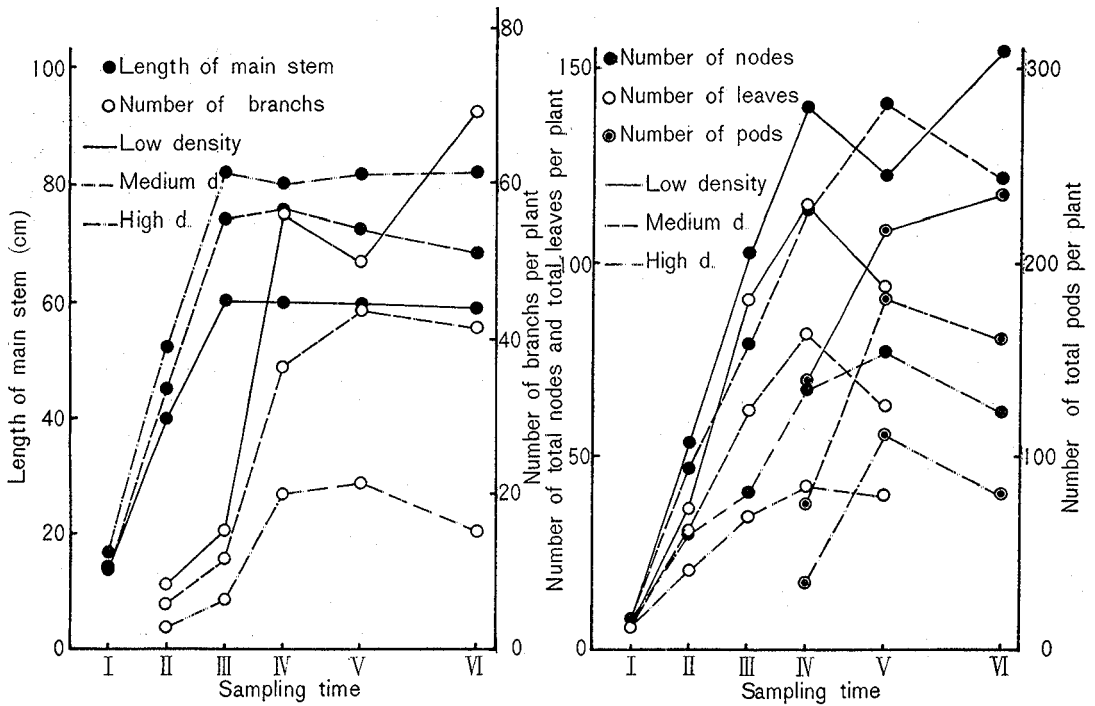


Fig. 1. Changes in growth status.

Table 2. Growth status at full maturing stage

		Number of stems per m ²	Number of nodes per m ²	Fertile pods		Ratio of fertile/total pods	Number of seeds per m ²	Number of seeds per pod	Seed yield per m ²	Hundred-seed weight
				Number	Ratio					
Low density	Main stem	3.3	57	47	7.2	68.2			g	g
	Primary branch	49.3	218	313	47.6	82.9				
	Secondary branch	184.1	240	297	45.2	88.4				
	Total	236.7	515	657	100.0	83.6	1096	1.64	268.4	28.5
Medium density	Main stem	6.6	110	102	11.6	67.6				
	Primary branch	102.6	456	502	57.3	81.1				
	Secondary branch	173.8	248	272	31.1	87.5				
	Total	284.0	814	876	100.0	81.1	1342	1.59	334.2	27.9
High density	Main stem	13.2	232	229	25.8	74.6				
	Primary branch	158.1	510	585	66.0	83.8				
	Secondary branch	48.9	82	73	8.2	91.7				
	Total	220.2	824	887	100.0	81.8	1410	1.59	342.6	28.3

2. 乾物生産

生育に伴う乾物生産構造の推移を Fig. 4 に示した。これによると、光合成系は各区、各時期とも上層位に密集して分布し、非光合成系は各区とも開花盛期まで下層位に厚く、以後は莢・子実の発達に伴って中層位に厚く分布していた。すなわち MONSI ら⁽¹⁰⁾の指摘する広葉型の特色を呈したが、光合成系は生育が進むに従い、一方では密植になるほど下層位での分布が少なくなる傾向が認められるとともに、非光合成系は密植になるほど最大分布層位が高くなった。

このように異った構造を示す各栽植密度群落の内部における光の透過状況を Fig. 5 に示した。これによると、繁茂期までは密植になるほど明らかに透過光が少なく、以後、同様な傾向を示しながらも、中植区の成績は疎植区のそれに近似していた。また生育初期における各区、および繁茂期における疎植区で地表面までかなりの光が到達していたことを除けば、いずれの時期、いずれの区においても、地表面の相対照度は10%以下であり、とくに登熟初期には各区ともほとんど0%に近い値を示した。長瀬ら⁽¹¹⁾は、土壌水分が十分にある場合、ダイズの落葉が相対照度10%以下のところで認められると報告している。本研究の場合、相対照度が10%以下になる層位は、生育が進むに従い、一方では密植になるほど高くなるのが認められ、前述の光合成系における乾物重の垂直分布との間に密接な関係を有していた。

さらに光合成系の発達状態を葉面積指数 (LAI) および葉緑素指数 (CI) の変化としてみると (Fig. 6 参照)、まず LAI は終始、密植になるほど大きかった。しかし CI については開花盛期まで、密植になるほど大きかったが、その後密植区で減少し、明らかな傾向は認められなかった。これは登熟期間における密植区の葉緑素含有率が他の2区よりも低かったためにみられた現象で、乾物生産構造とあわせて考察すれば、密植区の群落内部の葉はきびしい条件下にあることになり、葉面積は多くても、光合成の面からはむしろ劣っているものと推察された。

3. 収量成立

以上述べてきたように、密植をすれば、相互遮蔽が早くから起こって、群落内部への光の透過が不良となり^(7,15,16,17,18)、下葉や弱小な分枝の脱落がみられ、光合成⁽²⁾ および個体の生育にとってはやや不利であるが、単位土地面積あたりでは葉面積が多く、乾物生産量については子実収量が多くなったものと推察された⁽⁵⁾。これらの点に関する指摘は従来もなされ、多収性品種は栄養生長量が大きいという報告⁽⁵⁾ や、光遮断率の大きい群落が多収性を示すという報告^(16,17,18) も同じような内容を示しているものと考えられる。本研究においてはこの内容をさらに詳細に検討するた

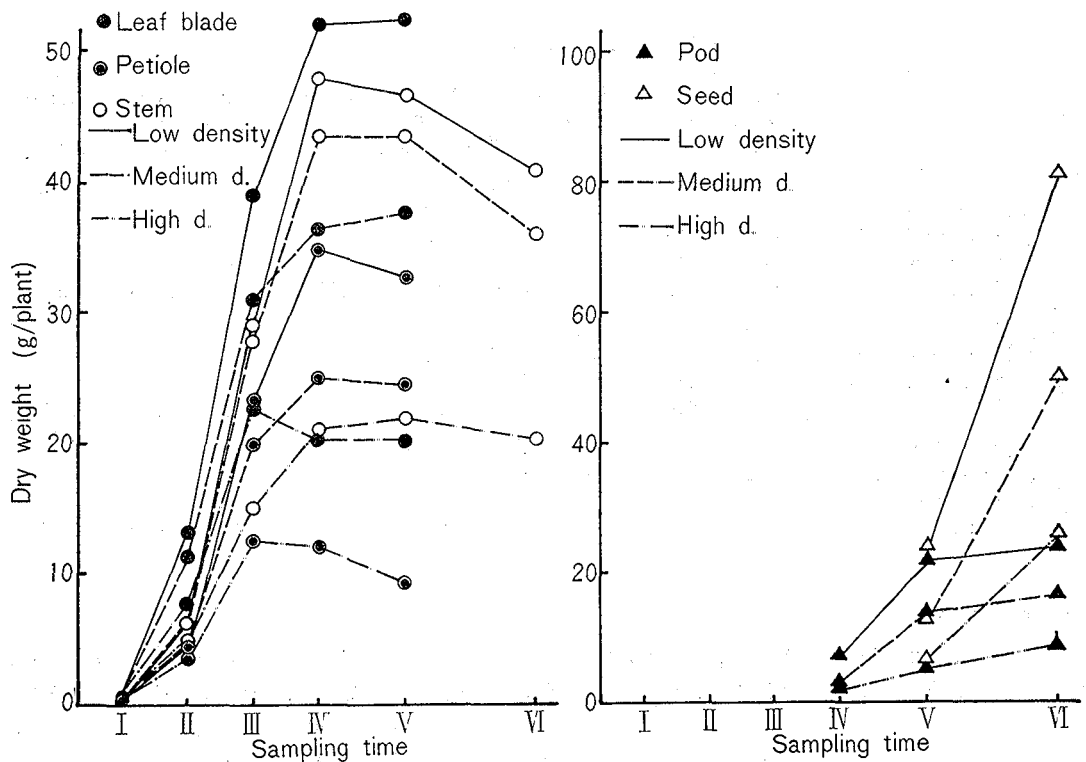


Fig. 2. Changes in dry weight of each organ per plant.

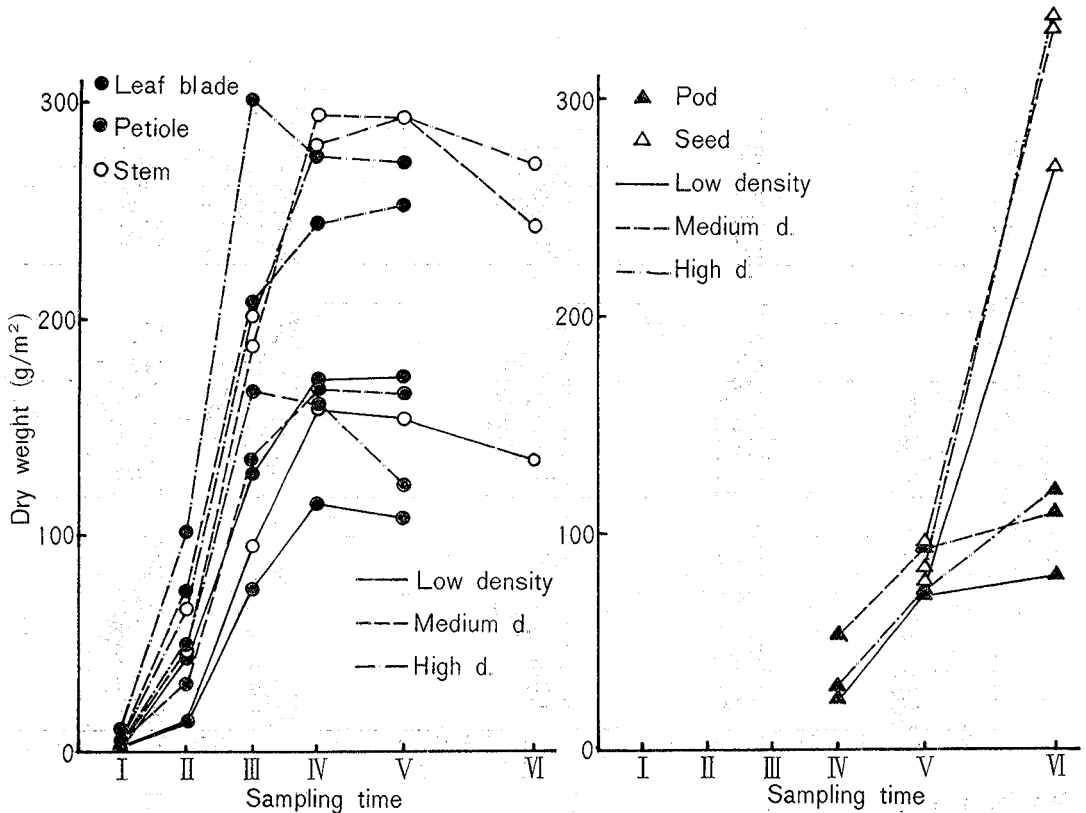


Fig. 3. Chnges in dry weight of each organ per m².

め、収量を個々の構成要素に分解し、これらの要素の成立が乾物生産とどのような関係にあるかを調べた。その結果、とくに関連が深いと思われるものを Fig. 7 に示した。

他方、Table 2 に示したとおり、本研究における栽植密度の範囲内では、百粒重によって示される子実の充実度に差異が認められず、従って、収量は最終的には単位土地面積あたり子実数によって決定されているとみなすことができる。そしてこの子実数は、平均一莢粒数に差異が認められないことから、稔実莢数そのものであり、これは総莢数と稔実莢歩合との両者によって左右されるものである。ところが、Fig. 7 に示したように、総莢数は生育初期から開花盛期までの乾物増加量および総節数と密接な関係を有しており、この乾物増加量は同じ期間における平均葉面積指数に依存しているものと考察された。また稔実莢歩合は総莢数が多くなるほど低くなり^(8,13)、とくに総莢数が1,200 を越えると稔実莢数はもはやそれ以上増加しない傾向を示した。この点に関し、小島ら⁽¹³⁾は総胚珠数2,400 を越えると稔実莢数に停滞が認められると報告しており、本研究に用いた「アキヨシ」は大部分2粒莢であったことと考えあわせ、興味深い現象と思われる。さらに稔実莢歩合は登熟期における葉身の葉緑素含有率とも密接な関連を示し、とくに稔実莢歩合の低い場合に密接な関連のあることを示唆していた。

以上の諸点から、本実験においては、密植になるほど子実収量が多いという結果が得られたが、同時にこの場合の密植区が栽植密度の限界に近いことも推察された。従って今後、さらに増収を図るためには、登熟初期の乾物生産を旺盛にして稔実莢歩合の低下を防止し、その後は光合成能の旺盛な葉の面積が多い状態で、かつ長い期間それを維持できるような方策について、十分に検討する必要がある。

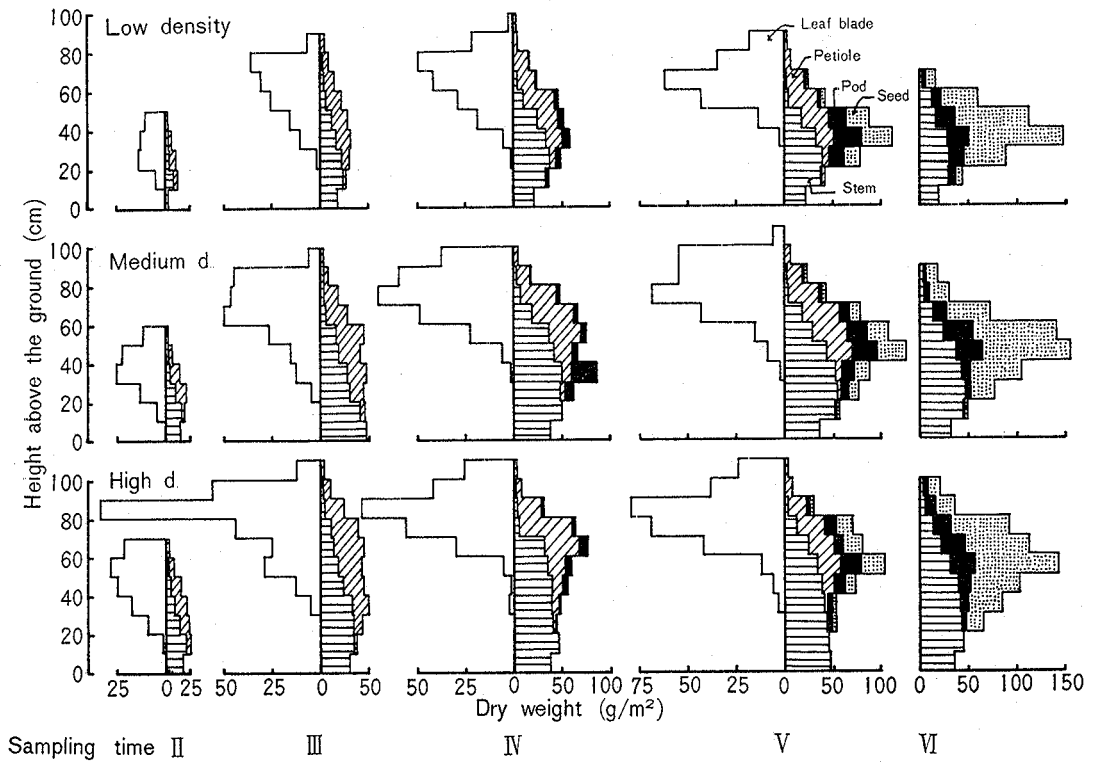


Fig. 4. Changes in productive structure.

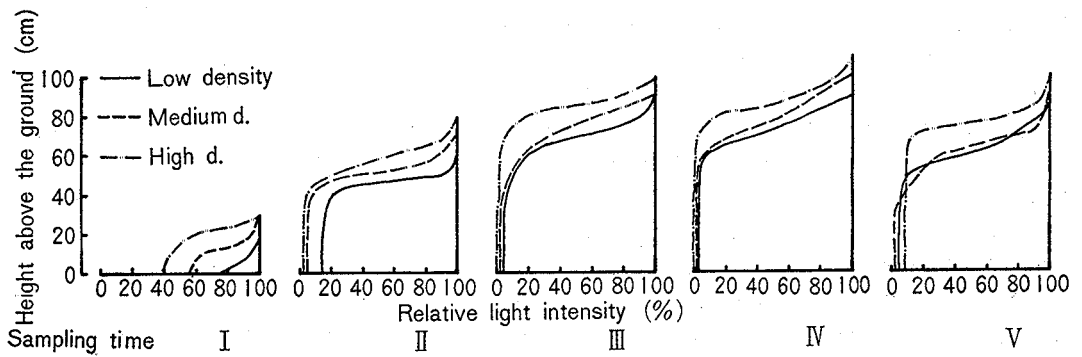


Fig. 5. Changes in profiles of relative light intensity.

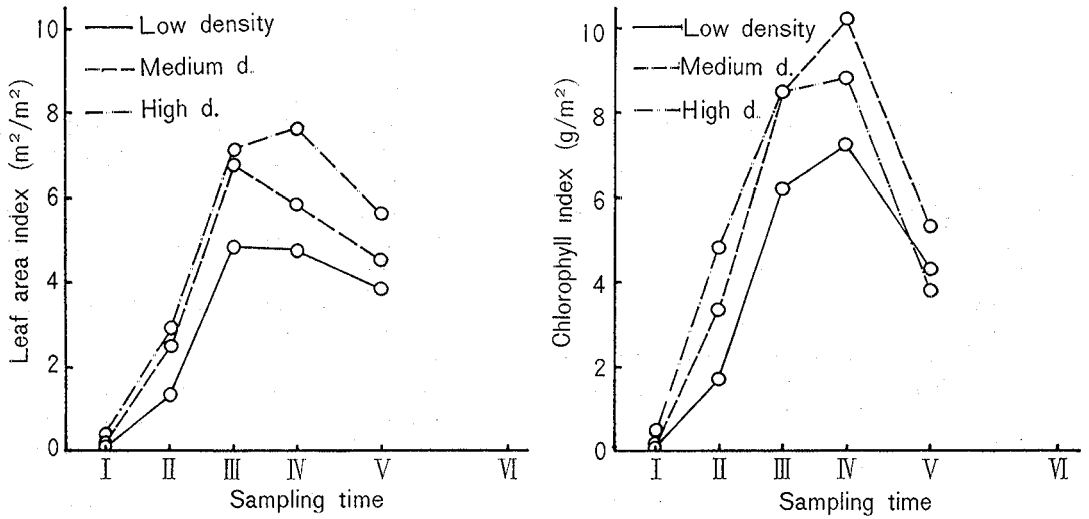


Fig. 6. Changes in leaf area index and chlorophyll index.

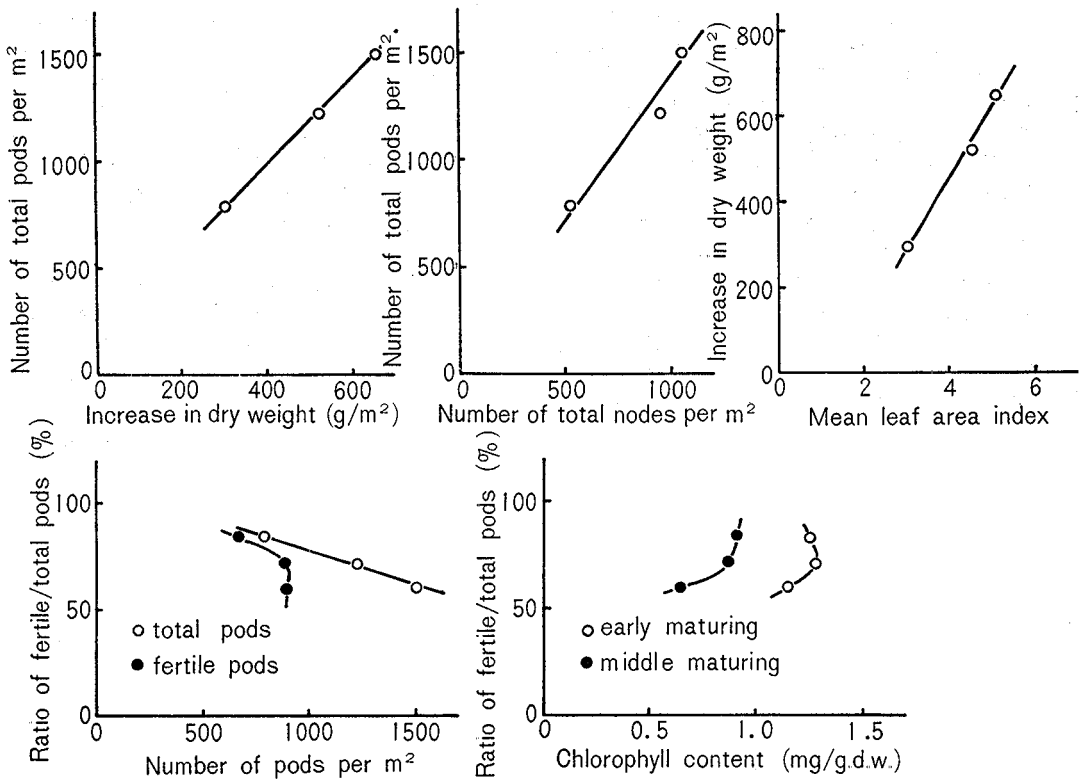


Fig. 7. Relation between dry matter production and yield components.

引用文献

- (1) BUTTERY, B. R.: Effects of plant population and fertilizer on the growth and yield of soybeans, *Can. J. Plant Sci.*, **49**, 659-673 (1969).
- (2) DUNCAN, W. G.: Leaf angles, leaf area, and canopy photosynthesis, *Crop Sci.*, **11**, 482-485 (1971).
- (3) ENYI, B. A. C.: Effect of plant population on growth and yield of soya bean (*Glycine max*), *J. Agr. Sci.*, **81**, 131-138 (1973).
- (4) 藤盛郁夫: 大豆の栽培条件に対する反応の品種間差異, 第1報 栽植密度と施肥量の組合わせに対する反応, 北海道立農試集報, (10), 31-41 (1963).
- (5) 洪 殷憲, 小島睦男: 大豆におけるたんぱく質収量の増大に関する研究, 第1報 晩播栽培における大豆品種の乾物生産, 日作紀, **41**, 502-508 (1972).
- (6) JOHNSON, B. J., HARRIS, H. B.: Influence of plant population on yield and other characteristics of soybeans, *Agron. J.*, **59**, 447-449 (1967).
- (7) KASANAGA, H., MONSI, M.: On the light-transmission of leaves, and its meaning for the production of matter in plant communities, *Jap. J. Bot.*, **14**, 304-324 (1954).
- (8) 川島良一, 丸山宣重, 杉山信太郎, 御子柴公人, 松沢 宏: 大豆の多収性に関する研究(第1報), 相関関係からみた多収性品種の特性, 長野農試研究集報, (5), 55-62 (1962).
- (9) LEHMAN, W. F., LAMBERT, J. W.: Effects of spacing of soybean plants between and within rows on yield and its components, *Agron. J.*, **52**, 84-86 (1960).
- (10) MONSI, M., SAEKI, T.: Über den Lichtfaktor in den Pflanzengesellschaften und seine Bedeutung für die Stoffproduktion, *Jap. J. Bot.*, **14**, 22-52 (1953).
- (11) 長瀬嘉迪, 竹村昭平: 畑作物の栽培時期の移動と灌漑に関する研究, II. 大豆の播種期・栽植密度と灌漑との関係, 日作紀, **34**, 127-132 (1965).
- (12) 小島睦男, 福井重郎: 大豆の子実生産に関する研究, 第3報 乾物生産の特性について, 日作紀, **34**, 448-452 (1966).
- (13) 小島睦男, 福井重郎: 大豆の子実生産に関する研究, 第4報 乾物生産と収量との関係, 日作紀, **34**, 453-456 (1966).
- (14) PANDY, J. P., TORRIE, J. H.: Path coefficient analysis of seed yield components in soybeans (*Glycine max* (L.) Merr.), *Crop Sci.*, **13**, 505-507 (1973).
- (15) SAKAMOTO, C. M., SHAW, R. H.: Light distribution in field soybean canopies, *Agron. J.*, **59**, 7-9 (1967).
- (16) SHAW, R. H., WEBER, C. R.: Effects of canopy arrangements on light interception and yield of soybeans, *Agron. J.*, **59**, 155-159 (1967).
- (17) SHIBLES, R. M., WEBER, C. R.: Leaf area, solar radiation interception and dry matter production by soybeans, *Crop Sci.*, **5**, 575-577 (1965).
- (18) SHIBLES, R. M., WEBER, C. R.: Interception of solar radiation and dry matter production by various soybean planting patterns, *Crop Sci.*, **6**, 55-59 (1966).
- (19) 杉山信太郎, 松沢 宏, 堀内寿郎: 大豆の多肥・密植栽培と倒伏性(1), (2), 農業技術, **20**, 32-33, 83-84 (1965).
- (20) 吉鹿正三, 安藤幸太郎: 秋大豆栽培に於ける株間並びに一株本数が収量及び収量構成要素に及ぼす影響に就いて, 福岡農試研究時報, (5), 3-8 (1953).

(1976年9月30日 受理)