

## ダイズの花房次位別着莢に及ぼす畦間と栽植密度の影響

|       |                            |
|-------|----------------------------|
| 誌名    | 日本作物學會紀事                   |
| ISSN  | 00111848                   |
| 著者    | 齊藤, 邦行<br>平田, 和生<br>柏木, 楊子 |
| 巻/号   | 76巻2号                      |
| 掲載ページ | p. 204-211                 |
| 発行年月  | 2007年4月                    |

## ダイズの花房次別着莢に及ぼす畦間と栽植密度の影響 — 早生品種エンレイを用いた場合 —

齊藤邦行・平田和生・柏木揚子

(岡山大学農学部)

要旨：エンレイを供試し、畦間 80 cm (広畦区)・30 cm (狭畦区) の 2 水準、栽植密度 11.1 本  $m^{-2}$  (標準区)・22.2 本  $m^{-2}$  (密植区) の 2 水準で、2001 年と 2002 年に畑栽培を行い、花房次別別に収量と収量構成要素を調査した。両年ともに、密植により主莖節数、椶枝節数そして総節数が増加した。狭畦 (広株間) により  $m^2$  当たり分枝数、分枝節数、椶枝節数そして総節数が増加した。主莖長は標準区に比べ密植区、狭畦区に比べ広畦区で大きくなった。莖重、莖径、莖断面積は密植区より標準区で、広畦区より狭畦区で大きくなった。子実収量は 2002 年に比べ 2001 年で著しく多く、密植区 > 標準区、狭畦区 > 広畦区となり、特に 2001 年狭畦・密植区では 668  $g m^{-2}$  と高かった。子実収量の相違には 2001 年には莢数が、2002 年には莢数と百粒重の両者が関係していた。密植区は主莖と椶枝、狭畦区は分枝と椶枝の占める割合が高く、日照の多かった 2001 年は特に椶枝の莢数の変動が収量と密接に関連した。狭畦区では群落上層に葉面積が多く分布したにも拘わらず、吸光係数が小さく、良好な受光態勢を有していた。広畦区では畦間と株元の日射量の違いが大きく、狭畦区では群落内の日射量分布は均一であった。狭畦栽培は広畦栽培に比べ密植したときの増収程度が大きく、これには狭畦区では株間が広く個体間競合が緩和され、徒長抑制と分枝の発達が進められたこと、また開花期以降群落上層の空間が有効利用され、椶枝の発生と莢数の増加したことが関係すると推察された。倒伏抵抗性の強化や初期の雑草防除が課題であると考えられた。

キーワード：畦間、花房次別、乾物生産、栽植密度、子実収量、受光態勢、ダイズ。

近年、ダイズの省力栽培法として不耕起狭畦 (注：作物学用語集では「畝」であるが、本論文では慣例的に「畦」を用いる) 密植栽培が注目されている (<http://narc.naro.affrc.go.jp/kanto/pro1/fukoki/saibai.htm>)。不耕起は排水性の良いことに有利性があるとされるが、狭畦密植栽培の慣行栽培との優劣については必ずしも一致した結論は得られていない。密植は生育初期より個体間競合が生じ、過繁茂や倒伏の危険性を増加させることになる。栽植密度が同一であれば、狭畦 (広株間) 栽培は広畦 (狭株間) 栽培に比べ個体間競合が生じにくく、生育初期の葉面積の拡大が早く、乾物生産が大きく、分枝の発達を促し、節数と節当たり莢数の増加を通じて増収することが報告されている (Cooper 1977, Costa ら 1980, Duncan 1986, Miura and Gemma 1986, Miura ら 1987, Board ら 1990a, b, Bullock ら 1998, 池田 2000)。しかし、狭畦 (広株間) 栽培は広畦 (狭株間) 栽培に比べ増収しない事例 (Beatty ら 1982, 中野 1989) や倒伏や過繁茂による減収の可能性を指摘する報告もある (Cooper and Nave 1974)。

そこで本研究では、これまで明らかにされている狭畦密植栽培の増収要因を検証するとともに、特に花房の着生位置に着目して子実収量を解析することを試みた。さらに、密植と狭畦 (広株間) それぞれの有利性とリスク要因を明らかにするため、栽植様式と栽植密度の違いがダイズの日射利用効率、乾物生産および雑草の発生生態に及ぼす影響について検討した。

### 材料と方法

#### 1. 栽培方法と試験区の設定

ダイズ有限伸育型品種エンレイ (生態型 IIc) を供試し、岡山大学農学部附属農場 (花崗岩質砂壤土) で 2001 年、2002 年の 2 カ年にわたり栽培試験を行った。栽植様式は、畦間を 80 cm とした広畦区、また 30 cm とした狭畦区との 2 水準、栽植密度は、標準区 (畦間 80 cm, 株間 11.25 cm, 畦間 30 cm, 株間 30 cm, 11.1 本  $m^2$ )、密植区 (畦間 80 cm, 株間 5.6 cm, 畦間 30 cm, 株間 15 cm, 22.2 本  $m^2$ ) の 2 水準とした。試験区面積は、各区 57.6  $m^2$  (3.2 × 18.0 m) 無反復とした。

施肥は全量基肥として、10 a 当たり硫酸 10.0 kg (N 2.1 kg)、熔燐 50.0 kg (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 10.0 kg)、塩加 20.0 kg (K<sub>2</sub>O 12.0 kg) を播種前にロータリを用いて全層に混入した。2001 年は 6 月 13 日、2002 年は 6 月 14 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。播種後雑草防除として土壌処理剤 (アラクロール乳剤・リニューロン水和剤) を散布し、広畦区については、6 月 28 日に子葉節まで培土を行った。これ以降広畦区については畦間に、狭畦区については 1 畦おきに噴霧型ビニールチューブを設置して適宜灌水を行った。虫害防除は、カメムシ、ハスモンヨトウ防除に MPP 乳剤、エトフェンブロックス乳剤をそれぞれ 2 回散布した。

2. 生育特性調査

農林水産省のダイズ調査基準（注：農林省農業技術研究所，大豆調査基準検討委員会編，1974年）に準じ，収量調査に用いた個体につき節数，主莖長，莖径，莖重，粒莖比を調査した。ボーダーを除いた全個体について7日毎に倒伏調査を行った。倒伏程度は，倒伏した株の垂直面に対する角度を，無倒伏（0°）から完全倒伏（90°）まで30°毎に分けた4段階（0，1，2，3）で測定し，全個体の平均倒伏程度を算出した。

3. 収量関連形質調査

株全体の8~9割の莢が褐変し，振ると音がする程度に乾燥した時点で，各区3ヵ所を任意に選びそれぞれ10個体（合計30個体）を抜き取った。このうち全重の中庸なそれぞれ4個体（合計12個体）について，主莖長，莖径を測定し，主莖・分枝別に莢を切除した。莢を有効莢（1粒でも稔実した莢）と無効莢（1粒も稔実していない莢）に分け，胚珠数（不稔も含む），精粒数，屑粒数を記録し，精粒重（子実重）を測定することにより，一莢粒数，百粒重，結実率（（整粒数+屑粒数）/胚珠数）を算出した。なお，百粒重・子実収量は風乾重（含水率15%以下）で示した。すべての構成要素は，12個体の平均値で示した。

4. 乾物生産（2001年）

地上部の部位別乾物重と葉面積の調査を行うために，第1本葉展開期から成熟期まで約3週間おきに，各区3地点から5個体をそれぞれ地際で切除し，平均的な3個体を選抜し，生体重の平均に最も近い1株について，葉面積を自動葉面積計（AAM-8型，林電工製）により測定した。各区合計9個体を部位別（主莖，主莖葉柄，主莖葉身，主莖花・莢，分枝，分枝葉柄，分枝葉身，分枝花・莢，枯死部）に解体した後に80°Cで72時間通風乾燥し，乾物重を測定した。

5. 層別刈取り（2001年）

開花盛期と粒肥大盛期に各区の個体群構造を層別刈取り

第1表 6月下旬-10月上旬の気象条件.

|       | 降水量<br>(mm) | 平均気温<br>(°C) | 日照時間<br>(hr) |
|-------|-------------|--------------|--------------|
| 平年    | 542         | 25.4         | 626          |
| 2001年 | 464(86)     | 26.2(+0.8)   | 709(113)     |
| 2002年 | 237(44)     | 26.3(+0.9)   | 671(107)     |

括弧内は平年の相対値。気温は平年較差。

法により調査した。前日の散乱光条件下（日の入り前）に地表から20cm間隔で群落内にロング光量子センサー（LI-191S，LI-COR社製）を挿入し，群落内の高さ別光強度を測定し，相対光強度を算出した。前述した高さ別の積算葉面積指数と相対光強度との関係を Monsi und Saeki (1953) の方法により求め，個体群吸光係数を求めた。さらに，相対光強度を測定した日の7時から17時まで2.5時間おきに，地表から0cm，60cm，120cm（群落上層）の光強度を上記の方法により測定し，相対光強度および吸光係数の日変化を求めた。

6. 群落内の日射量分布（2001年）

開花始期，着莢期，粒肥大盛期にそれぞれ3日間，高さ15cmごとにオプトリーフ（R-2D，大成化工社製，[http://www.aisei-el.co.jp/leaf\\_opt.html](http://www.aisei-el.co.jp/leaf_opt.html)）を10cm間隔に貼った幅1cmの細い棒を畦の向きと垂直方向に群落内に設置し，オプトリーフの退色程度によって群落内の積算日射量を測定した。群落外に設置した気象観測装置で積算日射量を記録させ，露場に水平に置いたオプトリーフの吸光度を日中6時間おきに分光光度計（UV-1200，島津製作所製）を用いて測定し，積算日射量と吸光度との回帰式から群落内日射量を算出した。

7. 雑草の発生生態

80cm×60cmのコドラートを各区3地点設け，開花始期（2000年7月20日，2001年7月27日）にコドラート内の雑草を採取し，雑草の種類，個体数，乾物重を測定した。

第2表 生育概要（2001年，2002年）.

| 年/区                   | 節数 (m <sup>-2</sup> ) |     |     |     | 主莖長<br>(cm) | 莖重<br>(g) | 分枝数<br>(m <sup>-2</sup> ) | 莖径(mm) |     | 莖断面<br>面積<br>(mm <sup>2</sup> ) | 莖径<br>比 | 粒莖<br>比 |
|-----------------------|-----------------------|-----|-----|-----|-------------|-----------|---------------------------|--------|-----|---------------------------------|---------|---------|
|                       | 主莖                    | 分枝  | 樞枝  | 総数  |             |           |                           | 長径     | 短径  |                                 |         |         |
| 2001年                 |                       |     |     |     |             |           |                           |        |     |                                 |         |         |
| 広畦・標準区                | 150                   | 316 | 137 | 602 | 63.4        | 18.3      | 66                        | 9.4    | 7.1 | 53.0                            | 1.33    | 2.20    |
| 広畦・密植区                | 290                   | 192 | 183 | 665 | 69.6        | 8.7       | 74                        | 6.9    | 5.6 | 30.4                            | 1.26    | 2.51    |
| 狭畦・標準区                | 141                   | 239 | 211 | 591 | 47.4        | 18.1      | 60                        | 9.2    | 7.8 | 56.4                            | 1.18    | 2.58    |
| 狭畦・密植区                | 296                   | 342 | 307 | 944 | 55.7        | 12.2      | 102                       | 7.8    | 6.0 | 37.1                            | 1.30    | 2.49    |
| LSD <sub>(0.05)</sub> | 9                     | ns  | 33  | 54  | 3.3         | 1.4       | 9                         | 0.4    | 0.4 | 4.4                             | ns      | ns      |
| 2002年                 |                       |     |     |     |             |           |                           |        |     |                                 |         |         |
| 広畦・標準区                | 159                   | 272 | 71  | 502 | 61.2        | 12.5      | 60                        | 8.5    | 6.5 | 43.5                            | 1.31    | 1.98    |
| 広畦・密植区                | 301                   | 248 | 121 | 670 | 63.5        | 7.7       | 89                        | 7.0    | 5.0 | 27.8                            | 1.42    | 2.06    |
| 狭畦・標準区                | 162                   | 324 | 89  | 576 | 53.6        | 13.6      | 70                        | 9.1    | 6.9 | 49.4                            | 1.33    | 3.39    |
| 狭畦・密植区                | 318                   | 347 | 122 | 787 | 65.3        | 10.2      | 111                       | 7.8    | 6.2 | 38.2                            | 1.27    | 2.25    |
| LSD <sub>(0.05)</sub> | 7                     | 53  | 24  | 67  | 2.5         | 1.3       | 14                        | 0.1    | 0.4 | 3.4                             | ns      | 0.50    |

各数値は12個体の平均値。莖径比=長径/短径。粒莖比=子実重/莖重。  
nsは平均値間に有意差なし。

第3表 子実収量と収量構成要素 (2001, 2002年).

| 年/区                   | 子実収量<br>(g m <sup>-2</sup> ) | 莢数<br>(m <sup>-2</sup> ) | 一莢粒数 | 百粒重<br>(g) | 結実率<br>(%) |
|-----------------------|------------------------------|--------------------------|------|------------|------------|
| 2001年                 |                              |                          |      |            |            |
| 広畦・標準区                | 446                          | 894                      | 2.03 | 30.2       | 95.0       |
| 広畦・密植区                | 483                          | 904                      | 1.99 | 31.1       | 96.5       |
| 狭畦・標準区                | 515                          | 1011                     | 1.96 | 32.3       | 95.5       |
| 狭畦・密植区                | 668                          | 1256                     | 1.99 | 31.5       | 97.4       |
| LSD <sub>(0.05)</sub> | 45                           | 84                       | ns   | ns         | ns         |
| 2002年                 |                              |                          |      |            |            |
| 広畦・標準区                | 274                          | 766                      | 2.04 | 26.5       | 83.7       |
| 広畦・密植区                | 354                          | 893                      | 2.01 | 27.5       | 91.3       |
| 狭畦・標準区                | 464                          | 910                      | 2.02 | 33.6       | 87.5       |
| 狭畦・密植区                | 503                          | 993                      | 2.04 | 31.8       | 92.2       |
| LSD <sub>(0.05)</sub> | 26                           | 83                       | ns   | ns         | 4.5        |

各数値は12個体の平均値. nsは平均値間に有意差なし.

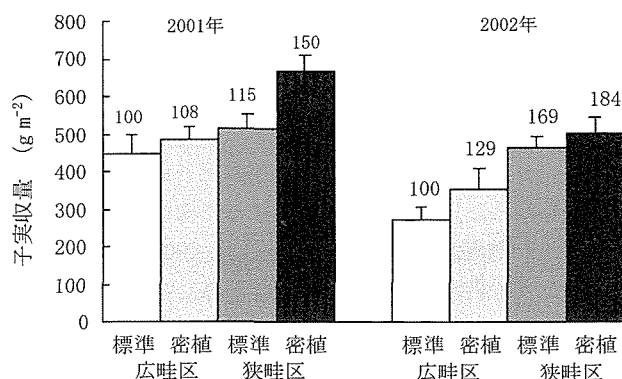
## 結 果

### 1. 気象概要

2001年は平年に比べ降水量-14%, 平均気温+0.8°C, 日照時間+13%となり, 少雨高温多照で好天に恵まれた(第1表). 2002年は平年に比べ降水量が-56%, 平均気温+0.9°C, 日照時間+7%と干ばつで高温多照であったが, 日照時間は2001年の方が多かった. なお, 2001年は8月21日に台風11号の接近により一部倒伏がみられたが, 2002年は台風による被害はみられなかった.

### 2. 生育概要

両年ともに標準区に比べ密植区のm<sup>2</sup>当たり主茎節数が増加, 分枝節数は減少, 極枝節数は増加, その結果総節数も増加した(第2表). 広畦区に比べ狭畦区に分枝節数は2001年標準区を除いて増加, また2001年には極枝節数も増加傾向にあり, 総節数は2001年標準区を除いて増加した. 主茎長は標準区に比べ密植区で2~12 cm長く, また特に注目されたことには広畦区に比べ狭畦区の主茎長は2002



第1図 子実収量の比較.  
図中の数字は相対値.

年密植区を除くと, 7~16 cm 短くなった. また, 茎重, 茎径, 茎断面積は密植区に比べ標準区で, 広畦区に比べ狭畦区で大きくなった. 粒茎比は狭畦区では標準区に比べ密植区で低下したものの広畦区では明確な傾向はみられず, 標準区では広畦区に比べ狭畦区で高まったものの密植区では一定の傾向はみられなかった.

### 3. 子実収量と収量構成要素

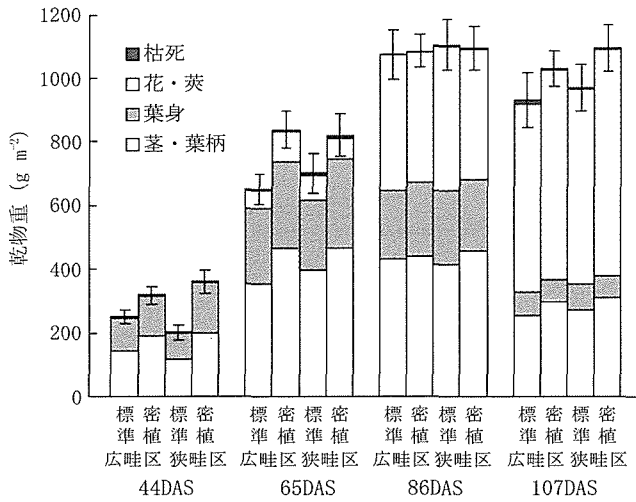
子実収量は両年ともに標準区に比べ密植区で, また広畦区に比べ狭畦区で高くなり, 年次では2002年に比べ日照の多かった2001年で高く, 狭畦・密植区ではm<sup>2</sup>当たり668 gに達した(第3表, 第1図). 莢数は両年ともに子実収量とほぼ同様の傾向を示し, 収量の相違には莢数が密接に関係していた. 一莢粒数に有意差はなく, 百粒重は2002年には広畦区に比べ狭畦区で大きくなったが, 2001年には区間差はみられなかった. 同様に, 結実率についても明白な区間差はみられなかった.

莢数の割合を主茎・分枝別, 花房次位別に比較してみると(第4表), 両年ともに標準区に比べ密植区で主茎の割合が高く, 広畦区に比べ狭畦区に分枝の割合が大きくなった. 花房次位別にみると, 全般に2001年に比べ2002年の

第4表 主茎・分枝, 花房次位別の莢数 (m<sup>-2</sup>).

| 年/区                   | 主茎       | 分枝       | 低次位      | 極枝       | 高次位      | 総数         |
|-----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|------------|
| 2001年                 |          |          |          |          |          |            |
| 広畦・標準区                | 377 (42) | 518 (58) | 367 (41) | 262 (29) | 266 (30) | 894 (100)  |
| 広畦・密植区                | 685 (76) | 219 (24) | 359 (40) | 321 (36) | 223 (24) | 904 (100)  |
| 狭畦・標準区                | 384 (38) | 627 (62) | 333 (33) | 416 (41) | 262 (22) | 1011 (100) |
| 狭畦・密植区                | 702 (56) | 553 (44) | 456 (36) | 524 (42) | 276 (22) | 1256 (100) |
| LSD <sub>(0.05)</sub> | 61       | 93       | ns       | 66       | ns       | 85         |
| 2002年                 |          |          |          |          |          |            |
| 広畦・標準区                | 337 (44) | 429 (56) | 446 (58) | 119 (16) | 201 (26) | 766 (100)  |
| 広畦・密植区                | 567 (63) | 326 (37) | 464 (52) | 205 (23) | 223 (25) | 893 (100)  |
| 狭畦・標準区                | 292 (32) | 618 (68) | 480 (53) | 154 (17) | 276 (30) | 910 (100)  |
| 狭畦・密植区                | 607 (61) | 387 (39) | 536 (54) | 244 (25) | 213 (21) | 993 (100)  |
| LSD <sub>(0.05)</sub> | 48       | 72       | ns       | 43       | ns       | 83         |

各数値は12個体の平均値. nsは平均値間に有意差なし.  
括弧内の数値は総数に対する割合.

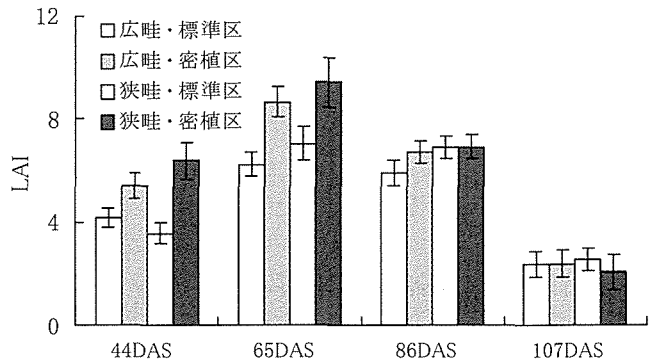


第2図 部別乾物重の比較 (2001年).  
DAS: 播種後日数

低次位莢の占める割合が大きく、兩年ともに密植により極枝の莢数の割合が増加した。また、広畦区に比べ狭畦区の極枝の莢数割合が同様に増加したが、その程度は2002年に比べ2001年で大きかった。

4. 乾物重と葉面積指数

粒肥大期 86DAS (播種後 86 日) の乾物重には区間で有意差はなかったが、いずれの生育段階においても標準区に比べ密植区の乾物重が大きくなった (第2図)。また畦間



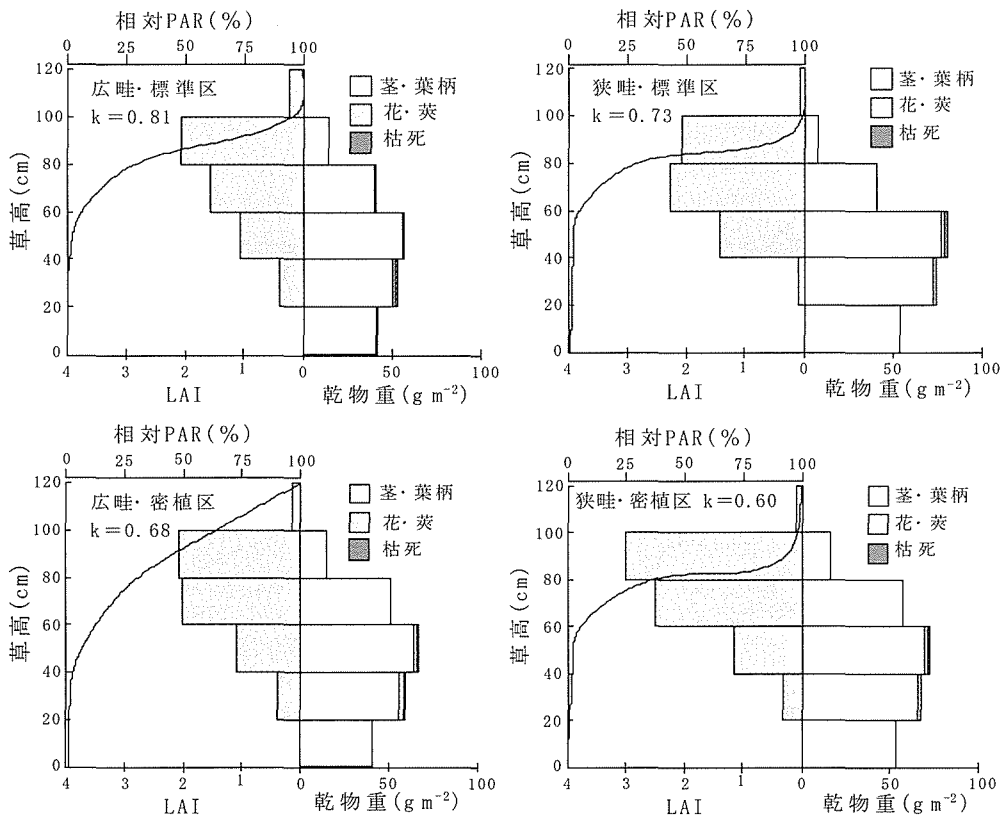
第3図 LAIの推移(2001年).  
DAS: 播種後日数

では、44DASの標準区と65DASの密植区を除くと、広畦区に比べ狭畦区の乾物重が大きくなる傾向がみられ、成熟期107DASの乾物重は、狭畦・密植区が最大で、広畦・密植区、狭畦・標準区、広畦・標準区の順となった。

葉面積指数 (LAI) は44DASの密植区と65DASの両密度区ともに広畦区に比べ狭畦区で大きくなり、65DASでは密植区のLAIは8を超え、過繁茂の様相を呈した (第3図)。

5. 群落生産構造

広畦・標準区では20~100 cmの層において上層になるほど葉面積が多く分布していたのに対し、狭畦・標準区では60~100 cmの層に集中してより多く分布する傾向を示した (第4図)。非同化器官の乾物重は各層ともに広畦区



第4図 群落構造の比較 (開花盛期, 2001年).  
相対PAR: 群落上の光合成有効放射強度を100とした相対値.

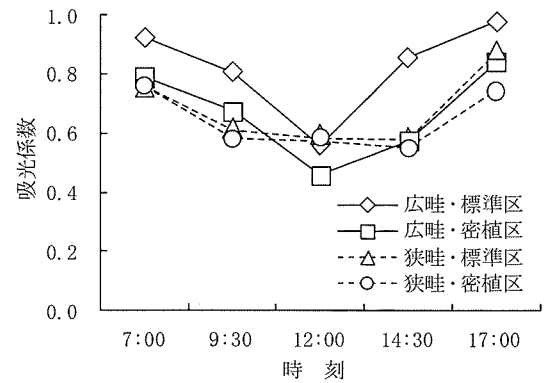
に比べ狭畦区で多い傾向にあった。受光態勢の総合的指標である吸光係数は狭畦・密植区 (0.60), 広畦・密植区 (0.68), 狭畦・標準区 (0.73), 広畦・標準区 (0.81) の順に小さく, 密植で狭畦 (広株間) ほど受光態勢の優れることが示された。粒肥大期においても吸光係数の区間の大小関係は開花盛期と同様であった (データは示していない)。

## 6. 群落吸光係数の日変化

直達光下で測定した吸光係数は朝方と夕方が高く日中は低下する日変化が認められた (第5図)。朝夕の吸光係数の大小は散乱光下で測定した吸光係数とほぼ同様で, 密植で狭畦 (広株間) ほど小さい傾向を示した。正午には広畦区の吸光係数の低下程度が著しく, 狭畦区よりも低い値を示し, これには葉群で閉鎖していない畦間へ直達光が差し込むことが関係すると考えられた。群落全体が葉群で閉鎖した状態の狭畦区では吸光係数の日変化の程度が小さかったものと推察された。

## 7. 群落内高さ別日射量の分布

広畦区の積算日射量は, いずれの高さにおいても標準区に比べ密植区で低く, 畦に垂直方向の位置で比較すると株元で低く, 畦間で高かった (第6図)。狭畦区の各高さ

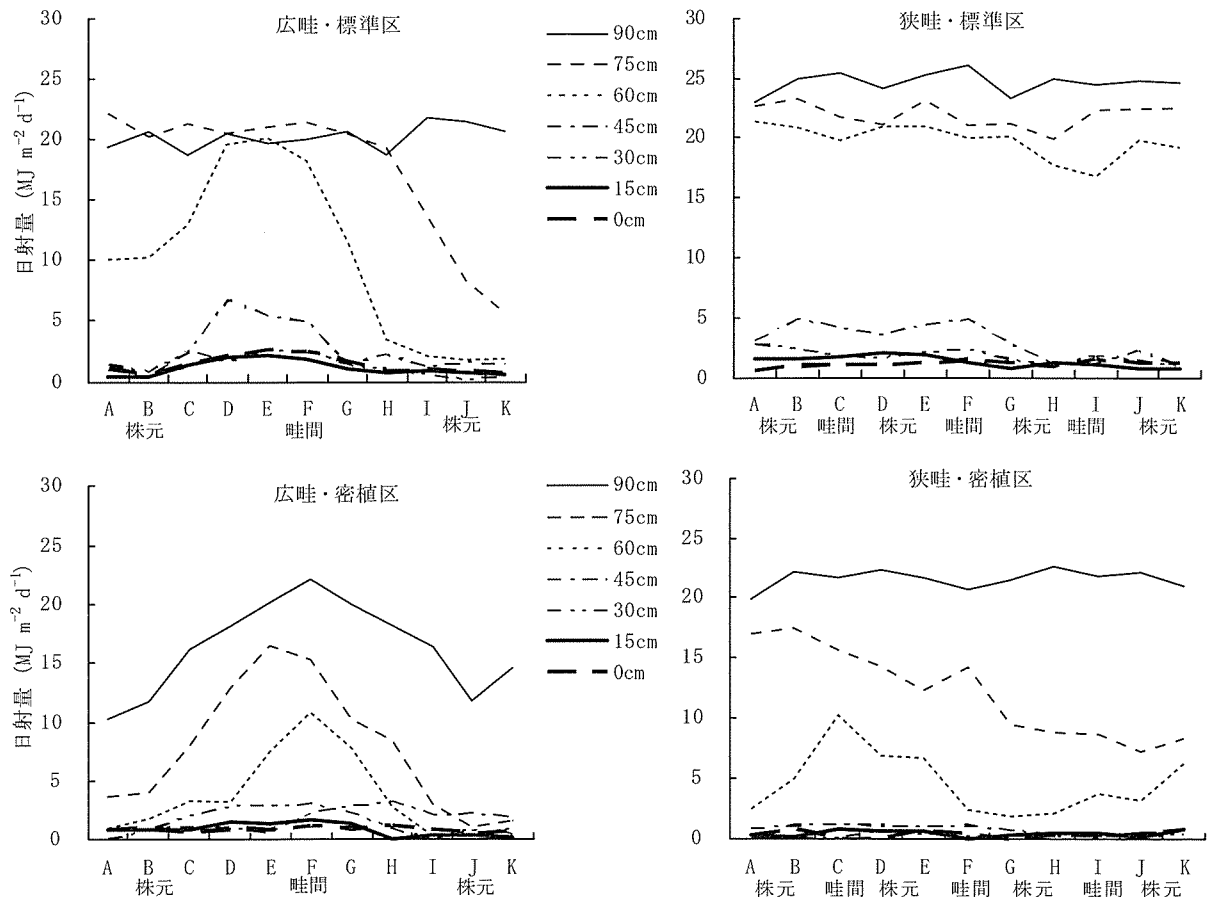


第5図 吸光係数の日変化 (開花始期, 2001年)。

における積算日射量は標準区に比べ密植区で顕著に低く, 株元と株間による変動は小さかった。

## 8. 平均倒伏程度の推移

2002年は各区ともに倒伏は認められなかった。2001年は34DASの風雨により, 狭畦・標準区で倒伏個体が増加し, その後広畦・標準区で倒伏程度が次第に大きくなったが, 生育全般を通じて広畦区に比べ狭畦区で大きく推移した (第7図)。71DASに台風が接近し, 密植区で著しく倒伏程度が増大して, それ以降回復はみられなかったが, 広畦区



第6図 群落内高さ別積算日射量の畦間位置による相違 (開花始期, 2001年)。

X軸のアルファベットは10 cm間隔の相対的な位置関係を示す。

に比べ狭畦区でやや高く推移した。

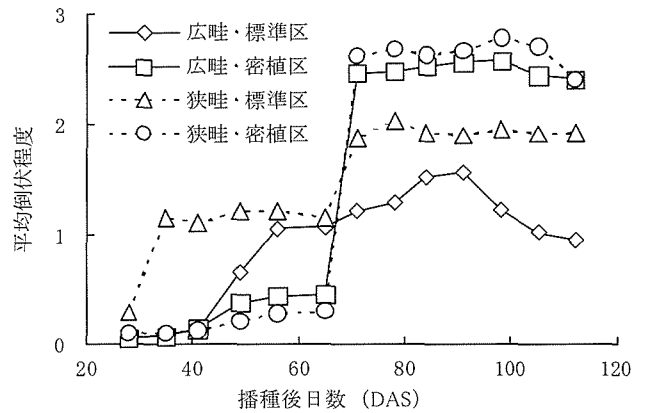
9. 雑草の発生

雑草の発生個体数は2001年に比べ2002年で多く、2001年はヒユ類やカヤツリグサが、2002年はメヒシバ・ハキダメギクが優占的に発生した(第5表)。また、区間で比較すると、両年ともに広畦区に比べ狭畦区の発生個体数は少なかった。

考 察

これまで、栽植密度による収量反応については、倒伏による減収(Cooper 1971)を考慮しなければ、密植により総節数、莢数の増加により増収することが認められている(中世古・後藤 1975, Costa ら 1980, Miura ら 1987, 齊藤ら 1998a, 池田 2000)。栽植様式の違いによる収量の違いについては、個体の占有面積が長方形植えに比べ正方形植え、正三角形植えで大きく、そのことによる分枝数の増加が収量の増加に繋がること(Cooper 1977, Costa ら 1980, Duncan 1986, Miura and Gemma 1986, Miura ら 1987, Board ら 1990b, 池田 2000)、また、相互遮蔽の違いによる光環境の違いが分枝節数を多くし、莢数、収量の増加すること(中野ら 2001)が報告されている。本研究においても、2001年、2002年の子実収量は、狭畦・密植区が最大で、狭畦・標準区、広畦・密植区、広畦・標準区の順に低くなり(第3表)、狭畦区による増収は各密度ともに分枝の収量の違い、特に分枝の極枝の収量に起因するものと推察された(第4表)。

極枝は形態的には分枝と同様であるが、分枝は主茎複葉の葉柄着生部直上に発達するのに対し、極枝は通常主茎・分枝の上部節1次花房の腋芽(左右)に分化するが花房とならず複葉を発達させ(2次極枝)、1~4節の枝条を発達させる(鳥越ら 1982)。著者らは、分化した花芽に多くの同化産物が供給されると花房は枝条様の極枝になり、1花房花蕾数が増え、複葉の展開と開花が急速に進行し、結莢率が高くなることを通じて、個体の収量増に大きく貢献することを明らかにした(齊藤ら 2001)。本研究における2カ



第7図 平均倒伏程度の推移(2001年)。倒伏程度は主茎の傾斜角度により0(無倒伏)~4(完全倒伏)で表した。

年の子実収量と総莢数(相関係数  $r = 0.934, P < 0.001$ )、極枝莢数( $r = 0.864, P < 0.01$ )の間には正の相関関係が認められ、極枝莢数の増加が子実収量の向上に貢献していた。

極枝の莢数が増加した要因を考えてみると、まず2002年に比べ2001年の天候が良かったこと(第1表)がソースの活性を高め、各節への同化産物供給を増加させたと考えられる。著者らは3カ年3段階の栽植密度で栽培を行った結果、日照の多い年に極枝の花蕾数が著しく増加することを認めている(齊藤ら 1998a)。また、第10節直上で摘心し、それ以外の複葉と花房を切除する孤立処理を行って同化産物を一節に集中させた結果、極枝の莢数が著しく増加したことを認めている(齊藤ら 1998b)。また、主茎と分枝それぞれを切除すると受光条件の改善した分枝、主茎それぞれの極枝数が増加することがみられた(齊藤ら 2001)。

さらに、狭畦区における莢数の増加は極枝花房に着生する莢数の増加に起因し(第4表)、狭畦区では極枝の発達を促進するような条件が整っていたと推察される。その要因として、狭畦区における吸光係数で示される受光態勢が良好であったことが関係すると考えられる(第4図)。群落内の日射量は、広畦区では畦間での葉面積の分布が少な

第5表 雑草の発生状況(2001年, 2002年)。

|        | アオビユ | スベリヒユ | ヒメシバ | カヤツリグサ | イヌガラクサ | ハキダメギク | エノコログサ | シロザ | コニシキソウ | ザクロソウ | 合計    |
|--------|------|-------|------|--------|--------|--------|--------|-----|--------|-------|-------|
| 2001年  |      |       |      |        |        |        |        |     |        |       |       |
| 広畦・標準区 | 7.6  | 9.7   | -    | 8.3    | 2.1    | 2.1    | 2.1    | 2.1 | -      | -     | 34.0  |
| 広畦・密植区 | 5.2  | 16.0  | -    | 7.6    | 2.1    | 2.1    | 2.1    | 9.0 | -      | 3.1   | 47.2  |
| 狭畦・標準区 | -    | 2.1   | -    | -      | -      | -      | -      | -   | -      | -     | 2.1   |
| 狭畦・密植区 | -    | 14.6  | -    | -      | -      | 2.1    | 2.1    | 2.1 | -      | -     | 20.8  |
| 2002年  |      |       |      |        |        |        |        |     |        |       |       |
| 広畦・標準区 | -    | 52.8  | 11.1 | -      | -      | 60.2   | -      | -   | 28.7   | -     | 152.8 |
| 広畦・密植区 | -    | -     | 23.1 | -      | -      | 94.4   | -      | -   | -      | -     | 117.6 |
| 狭畦・標準区 | -    | 63.9  | 9.3  | -      | -      | 11.1   | 3.7    | -   | 25.0   | -     | 113.0 |
| 狭畦・密植区 | -    | -     | 18.5 | -      | -      | 45.4   | 4.6    | -   | -      | -     | 68.5  |

数値は開花始期に3反復で調査した60×80 cm コドレート内のm<sup>2</sup>当たり雑草個体数。

く、太陽光は下層へと透過するのに対して、株元では相互遮蔽が大きく日射強度の低下が著しいことから、群落内の日射量分布が不均一となることがわかった(第6図)。これに対して狭畦区では畦間と株元の日射量の違いは小さく日射量分布も均一で、より多くの日射を個体群上層で均一に受け止め、節への同化産物供給を増加させたことにより、極枝の発生が多くなったと推察された。

吸光係数の日変化を測定した結果、広畦区では南北に畦間があるため、太陽が南中する正午頃には下層への日射透過量が多くなり、吸光係数は一時的に低下した(第5図)。葉群の配置が均一な群落であれば吸光係数の低下は群落光合成の向上を意味するものの、広畦(狭株間)栽培では直達光を上層で受け止めることなく下層へと透過し、下層の葉身は過剰な光を受けることになる。このことから、葉面積密度の空間的分布が著しく異なる群落では日中の吸光係数を正確に評価できないものと推察された。

乾物生産を比較してみると、これまで多くの研究(Shibles and Weber 1965, 杉山ら 1967, 浅沼ら 1977)で認められたように標準区に比べ密植区の乾物重、LAIともに大きくなった。また、狭畦(広株間)栽培は広畦(狭株間)栽培に比べ、粒肥大期までのLAI・乾物生産が大きいため(Shibles and Weber 1965, 1966, Duncan 1986, Bullockら 1998)が認められており、本研究においても着莢期65DASまでのLAIは広畦区に比べ狭畦区で大きく(第3図)、有意差はないものの最終乾物重は広畦区に比べ狭畦区で大きい傾向を示した(第2図)。狭畦区は広畦区に比べ個体間距離が長く受光条件が良好なため、分枝や極枝の発達が促進され、生育初期の葉面積の拡大速度が大きかったものと推察された。しかし、65DASにおけるLAIは密植区では8を超えており、過繁茂状態にあったと考えられた(杉山ら 1967)。

つぎに倒伏について考えてみたい。広畦区に比べ狭畦区の平均倒伏程度は大きく推移し、台風などの悪天候に見舞われた場合、広畦区に比べ狭畦区の被害が大きくなる傾向があり、これは特に標準区で顕著にみられた(第7図)。広畦区に比べ狭畦区では隣接する個体までの距離が長く、生育初期においては隣接個体による支持効果が小さいため耐倒伏性が低下すると推察された。さらに、開花盛期以降では狭畦・標準区の葉身の展開が群落上層に集中していたことから(第4図)、個体の重心が高くなり個体の耐倒伏性が小さくなることが推察された。しかし、2001年における狭畦区は広畦区に比べ主茎長は約15 cm短く、茎も太くなった(第2表)。これには狭畦区では隣接個体との距離が長いこと、個体間競合が少なく徒長を抑制したことが関係すると推察される。狭畦区の主茎長が短く、茎が太いにも拘わらず、倒伏程度が大きかったことから、ダイズの倒伏は主茎長や茎の太さよりも、地上部重量や重心位置などの影響が大きいと推定された。ダイズの倒伏に関する要因については、今後詳細に検討を行う必要がある。

最後に雑草の発生について考察する。狭畦(広株間)栽

培では播種時土壌処理剤以外の適用除草剤がなく、初期除草に失敗すると手取除草しか方法がなくなる(<http://www.agri.pref.hokkaido.jp/tokachi/seika/soybean/soy05.htm>)。狭畦(広株間)栽培することにより雑草量は減少し、播種直後土壌処理除草剤もしくはイネ科雑草対象の茎葉処理除草剤のいずれか一つと組み合わせると省力的かつ安定的に雑草を防除できることも実証されている(<http://www.naro.affrc.go.jp/top/seika/2003/kyushu/ky03017.html>)。本研究においても、播種後土壌処理剤の施用により、開花始期の雑草発生個体数は中耕培土を行った広畦区に比べ、狭畦区で少なくなった(第5表)。1 m<sup>2</sup>当たり雑草乾物重を全草種で合計しても1~2 gと、ダイズ全乾物重の300~400 gと比較して著しく小さく、十分な防除効果が得られた。したがって、前述した報告と同様に、狭畦(広株間)栽培においても土壌処理剤のみの施用で十分な防除効果が得られると考えられた。さらに、近年では茎葉処理剤(ペンタゾン)が農薬登録され、初期除草に失敗しても中期防除も可能となってきた。

以上より、狭畦(広株間)栽培は広畦(狭株間)栽培に比べ密植したときの増収程度が大きく、これには狭畦区では隣接個体までの距離(株間)が長く、栄養生長期における個体間競合が緩和され、徒長抑制と分枝の発達が促進されたこと、また開花始期以降では群落上層の空間が有効に利用されたことにより極枝の発生とそれに伴う莢数の増加がもたらされたことが関係すると推察された。狭畦(広株間)栽培を行う場合、倒伏抵抗性の強化や雑草防除が課題であると考えられた。

## 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. 香川大農学報 28: 11-18.
- Beatty, K.D., I.L. Eldridge and A.M. Simpson, Jr. 1982. Soybean response to different planting patterns and dates. *Agron. J.* 74: 859-862.
- Bullock, D., S. Khan and A. Rayburn 1998. Soybean yield response to narrow rows is largely due to enhanced early growth. *Crop Sci.* 38: 1011-1016.
- Board, J.E., B.G. Harville and A.M. Saxton 1990a. Narrow-row seed-yield enhancement in determinate soybean. *Agron. J.* 82: 64-68.
- Board, J.E., B.G. Harville and A.M. Saxton 1990b. Branch dry weight in relation to yield increases in narrow-row soybean. *Agron. J.* 82: 540-544.
- Cooper, R.L. 1971. Influence of soybean production practices on lodging and seed yield in highly productive environments. *Agron. J.* 63: 490-493.
- Cooper, R.L. and W.R. Nave 1974. Effect of plant population and row width on soybean yield and harvesting loss. *Transaction of the ASAE* 17: 801-805.
- Cooper, R.L. 1977. Response of soybean cultivars to narrow rows and planting rates under weed-free conditions. *Agron. J.* 69: 89-92.
- Costa, J.A., E.S. Oplinger, and J.W. Pendleton 1980. Response of soybean cultivars to planting patterns. *Agron. J.* 72: 153-156.
- Duncan, W.G. 1986. Planting patterns and soybean yield. *Crop Sci.* 26:



- 584-588.
- 池田武 2000. ダイズ個体群の純生産に関わる要因. 日作紀 69 : 12-19.
- Miura, H. and T. Gemma 1986. Effect of square planting on yield and its components of soybean under different levels of planting density. *Jpn. J. Crop Sci.* 55 : 483-488.
- Miura, H., K. Wijeyathungam and T. Gemma 1987. Variation in seed yield of soybean as affected by planting patterns. *Jpn. J. Crop Sci.* 56 : 652-656.
- Monsi, M. and T. Saeki 1953. Über den Lichtfactor in den Pflanzengesellschaften und seine Bedeutung für die Stoffproduktion. *Japan. J. Bot.* 14 : 22-52.
- 中野寛 1989. 大豆の収量に対する狭畦の効果. 日作紀 58 : 133-134.
- 中野尚夫・河本恭一・石田喜久男 2001. ダイズにおける栽培様式が節位別分枝の発生と生育に及ぼす影響. 日作紀 70 : 40-46.
- 中世古公夫・後藤寛治 1975. 豆類の生産生態に関する比較作物学的研究. 第3報 大豆の密度反応性について. 日作紀 (別2) : 71-72.
- 齊藤邦行・磯部祥子・黒田俊郎 1998a. 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 - 莢数と花蕾数の関係 -. 日作紀 67 : 70-78.
- 齊藤邦行・磯部祥子・黒田俊郎 1998b. 有限伸育型ダイズ品種における花器の分化と発育過程 - 花房の着生位置に着目して -. 日作紀 67 : 85-90.
- 齊藤邦行・磯部祥子・瀬口由美香・黒田俊郎 2001. ソース/シンクの切除がダイズの生育収量, 乾物精算に及ぼす影響. 日作紀 70 : 365-372.
- Shibles, R.M. and C.R. Weber. 1965. Leaf area, solar radiation and dry matter production by soybeans. *Crop Sci.* 5 : 575-578.
- Shibles, R.M. and C.R. Weber. 1966. Interception of solar radiation and dry matter production by various soybean planting patterns. *Crop Sci.* 6 : 55-59.
- 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およぼす影響について. 長野県農試報告 32 : 39-50.
- 鳥越洋一・進土宏・栗原浩 1982. 大豆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.

**Effect of Row-Width and Planting Density on Podding and Yield Performance of Early Soybean Cultivar 'Enrei' with Reference to Raceme Order** : Kuniyuki SAITOH, Kazuo HIRATA and Youko KASHIWAGI (*Grad. Sch. of Natural Sci. & Tech., Okayama Univ., Okayama 700-8530, Japan*)

**Abstract** : To elucidate the effect of planting patterns on yield performance of soybean, we cultivated early cv. 'Enrei' with 80 and 30 cm row-spacing, and 11.1 and 22.2 plants  $m^{-2}$  in 2001 and 2002. The number of nodes on main stem, racemes with compound leaves and total number of nodes, were larger in dense planting than in normal planting in both years. The number of branches, nodes on branches, racemes with compound leaves, and total number of nodes per  $m^2$  were larger in narrow-row planting than in wide-row planting. The length of main stem was longer in dense planting than in normal, and in wide-row planting than in narrow-row planting. The weight, diameter and cross section area of stem were longer (greater) in normal than in dense planting and in narrow-row than in wide-row planting. Seed yield was higher in 2001 than in 2002, in dense planting than in normal planting, and in narrow-row than in wide-row planting. The highest seed yield, 668g  $m^{-2}$ , was obtained in 2001 with dense and narrow-row planting. The yield was mainly determined by the pod number in 2001, and by both pod number and seed size in 2002. In dense planting, a large proportion of pods were occupied by those on the main stem and racemes with compound leaves, and in narrow-row planting, a large proportion of pods were occupied by those on branches and racemes with compound leaves. Seed yield was closely correlated with pod number on the racemes with compound leaves, especially in 2001. In narrow-row planting, the upper layer of canopy had a large leaf area but it had low light extinction coefficients, and the canopy exhibited good light intercepting characteristics. Although the solar radiation in canopy differed between the spaces on the furrows and ridges in wide-row planting, the radiation in canopy was uniform in narrow-row planting. The yield in narrow-row planting with dense planting was higher than that in wide-row planting. This is due to the reduction of competitions with neighbor plants resulting from the suppression of elongation growth and increased development of branches. It was also due to the increased development of the racemes with compound leaves and increased pod number resulting from the efficient use of solar radiation in the upper layer of the canopy. Improvement of lodging tolerance and establishment of weed control at earlier stage is needed for the narrow-row and dense planting of soybean.

**Key words** : Dry matter production, Light intercepting characteristics, Planting density, Raceme-order, Row-width, Seed yield, Soybean.