

秋ダイズの開花・結莢習性について

中元 博明・鄭 紹輝・井上 眞理¹⁾・福山 正隆²⁾

佐賀大学海浜台地生物環境研究センター、1) 九州大学大学院農学研究院、2) 東京農業大学農学部

Characteristics of flowering and pod set in late-maturing soybean

Hiroaki NAKAMOTO, Shao-Hui ZHENG, Mari IWAYA-INOUE¹⁾ and Masataka FUKUYAMA²⁾

Coastal Bioenvironment Center, Saga University, 152-1 Shonan-cho, Karatsu, Saga 847-0021, Japan, 1) Fac. Agric., Kyushu Univ., 2) Fac. Agric., Tokyo Univ. of Agric.

要 約

西南暖地において広く栽培されている秋ダイズの開花・結莢特性を明らかにするため、代表品種であるフクユタカを用いて2年にわたり開花および結莢調査を行い、花房次位別の収量への貢献度について検討した。その結果、開花は1次花房、0次花房、2次極枝、2次花房、3次花房の順に行なわれ、開花の序列に関しては夏ダイズとの差異はみられなかった。しかし、花房次位別の開花数や結莢数、結莢率については、これまで報告されていた夏ダイズでは、0次、1次花房といった低次位花房由来の子実が収量の大半を占めていたのに対し、秋ダイズでは2次極枝や2次花房以降の高次位花房における稔実莢が低次位花房のものよりも上回った。これには高次位花房における開花数の増加や結莢率の向上が大きく貢献していた。この結果から、従来報告されている夏ダイズの場合と大きく異なり、秋ダイズにおいては高次位花房における稔実莢数の増加が収量の良否を左右することが明らかとなった。

Summary

The number of flowers and pods were investigated in order to make clear the characteristics of the flowering and pod set as affected by raceme order for the late-maturing soybean cultivar 'Fukuyutaka' which was widely cultivated in south-west Japan. Seeds derived from the lower-order racemes (terminal and primary raceme) accounted for the majority of the yield in the early-maturing cultivars, whereas in Fukuyutaka, a late-maturing cultivar, seeds derived from the higher-order racemes (secondary raceme, secondary raceme with compound leaves and tertiary raceme) exceeded those from the lower-order racemes. It contributed to the increase in the number of flowers and the raise of the pod set ratio on the higher-order racemes. These results indicated that flowering and pod set on the higher-order racemes affects the seed yield significantly in the late-maturing soybean cultivars.

はじめに

わが国におけるダイズ生産は、消費者および実需者からの国産ダイズに対する要望の高まりによって年間収穫量が増加している。特に西南暖地（中国、四国、九州地方）における水田転換畑へのダイズの作付けが著しく増加している（注 農林水産省 2005. 平成16年度産大豆の収穫量. http://www.maff.go.jp/toukei/sokuhou/data/daizu-syukaku2004/daizu-syukaku_2004.pdf, 最終更新日 2005年2月9日）。

西南暖地においては主に晩生ダイズ（秋ダイズ）が栽培されている。この秋ダイズは北海道、東北、関東といった地域で栽培されている夏ダイズと比較して、最大葉面積指数（LAI）や総節数、莖重といった栄養成長量がかかなり多くなるにもかかわらず収量はそれほど高くない。これは、開花期以降の生殖成長と同時に栄養成長も盛んに行なわれるため、同化産物の分配の競合が生じているためではないかと考えられている（小島・福井 1966, Brun and Betts 1984, 桑原 1986）。これまでのダイズの研究は主に北海道、東北、関東において夏ダイズを対象としたものであるため、今後、北部九州をはじめとする西南暖地におけるダイズ生産を向上させるためには、西南暖地において秋ダイズの生育特性の解明が必要不可欠である。

一方、ダイズの子実収量と収量構成要素の関係については数多くの検討がなされ、収量構成要素の中でも稔実莢数が子実収量と最も密接に関係していることが明らかにされている（浅沼ら1977, Dominguez and Hume 1978, 池田・佐藤 1990）。稔実莢数は開花数と結莢率とによって決定されるが、ダイズは数多くの花をつけるものの結実に結びつく数が少なく、結莢率が通常30～50%程度であり、環境条件によっては20%くらいまで低下することもある（斎藤・大久保 1980）。このような花器および未熟莢の脱落率は様々な環境要因によって変動し、ダイズの子実収量を制限する要因の一つとなっている（Van Schaik and Probst 1958）。鳥越ら（1982）は開花および結莢について発育形態的な解析を行い、ダイズの花房はイネやムギの分けつ次位を適用していくつかに分類することが可能であり、栽植密度や窒素施用量による開花数への影響が花房

次位によって異なることを示した。同様に播種期（藤田 1995）や遮光処理（黒田ら 1992）、土壌水分の欠乏（斎藤ら 1999）に関して行われた過去の実験においても、各花房次位における開花数や結莢率が変化することや、その影響に品種間差異がみられることが示されている。

北部九州において、秋ダイズを適期とされる7月上旬に播種した場合、開花は8月中旬から9月中旬までの約1ヶ月間続く。そのため、総開花数は夏ダイズに比較して豊富にあるが、結莢率は非常に低い（横山ら 1988）。夏ダイズにおいては、通常早く開花したもののほど結莢率が高いが（由田ら 1983, 黒田ら 1992）秋ダイズでは初期に開花したものにおいても著しい花器脱落が起こるといわれている（横山ら 1988）。

そこで、本研究においては、子実収量を左右する開花・結莢について花房次位の観点から検討し、秋ダイズの特徴を明らかにすることを目的として実験を行った。

材料と方法

栽培面積が最も広い晩生品種であるフクユタカを供試し、九州大学大学院農学研究院の実験圃場において、2000年および2001年の2カ年にわたって栽培を行なった。栽培方法は、播種日が1日前後したことを除いては2カ年とも同様であり、以降は2001年について述べる。水田土壌：真砂土＝4：1に混合して充填した1/2000aワグネルポットにマメ化成（N：P：K＝3：10：10）8gと苦土石灰5gを施用し、7月9日（2000年は7月10日）に1ポットあたり4粒播種した。ポットは株間30cm、畦間70cmに配置し、生育は上部のみビニールを張ったハウス内で行った。初生葉展開期である7月19日（2000年は7月17日）と第一本葉展開期である7月24日（2000年も同様）にそれぞれ間引きして1ポット1本立てとした。8月18日（2000年は8月17日）に開花開始を確認後、生育の中庸な3個体について、1日おきに咲いた花の節位と花房次位を幅8mm、長さ21mmのラベルに記録し、それを花梗部分に吊り下げた。花房は以下のように鳥越ら（1982）の定義に従って節位や次位別に分類した。

0次（茎頂）花房 — 主莖および分枝の先端部に形成される花房。

- 1次花房 — 主茎および分枝の葉腋に最初に形成される花房。
- 2次花房 — 1次花房の基部の両脇に形成される花房。
- 2次極枝 — 2次花房と同じ部位に形成されるが、1ないし数節の分枝の形を呈し、複葉を伴う花房。
- 3次花房 — 2次花房（2次極枝を含む）の基部の両脇に形成される花房。なお、4次以降の花房も理論上存在するが、まれにしか発生しない。本調査では記録の便宜上、3次以降の花房も3次花房に含ませた。

調査は開花がほぼ終了した9月20日（2000年は9月18日）まで継続して行なった。成熟した個体は11月13日（2000年は11月21日）に収穫し、室内で風乾させた後、6個体について栄養成長量、収量および収量構成要素について調査を行った。生育期間中、灌水および害虫防除は適宜行なった。

結果および考察

収穫時の栄養成長量および収量、収量構成要素

収穫期の栄養成長量についてみると、2001年の主茎長や茎重が2000年よりも高くなる傾向がみられたが、その他の要素については有意な差はみられなかった（表1）。

しかし、収量についてみると、2001年の収量は2000年より有意に増加していた（表2）。この要因について収量構成要素についてみてみると、

2001年は2000年に比べ、稔実莢数、特に稔実粒数が著しく増加していた（表2）。一方、百粒重に関しては有意な差はみられなかった（表2）。したがって、両年の収量の差は稔実莢数の違いによるものであることが明らかとなった。

開花・結莢パターン

総開花数の推移についてみると、開花数の増加は約1ヶ月間続いた。2001年は開花後24日目までほぼ直線的に増加し、その後開花の終息まで緩やかに増加した。一方、2000年は開花後8日目までは2001年と同様の推移を示したが、8日目以降は増加が緩やかになり、最後まで2001年に追いつくことはなく、総開花数は2001年より少なくなった（図1）。

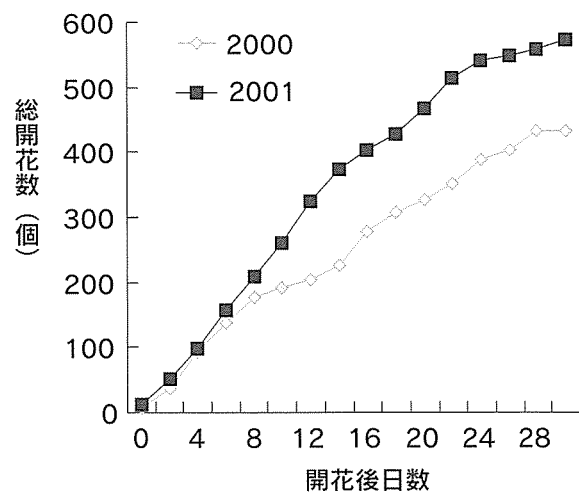


図1 総開花数の推移

表1 収穫時における栄養成長量

	主茎長 (cm)	主茎節数	総節数	分枝数	茎重 (g)
2000年	57.2±2.7	15.6±0.9	89.6±12.9	10.2±2.3	24.9±3.6
2001年	68.6±2.9	16.3±1.4	87.2± 8.1	9.0±0.7	28.7±3.4

表2 収量および収量構成要素

	稔実莢数	稔実粒数	収量 (g)	百粒重 (g)
2000年	141.0±14.5	197.0± 6.2	66.4±9.5	29.2±1.1
2001年	169.8± 8.4	286.8±13.2	89.1±8.6	31.3±2.6

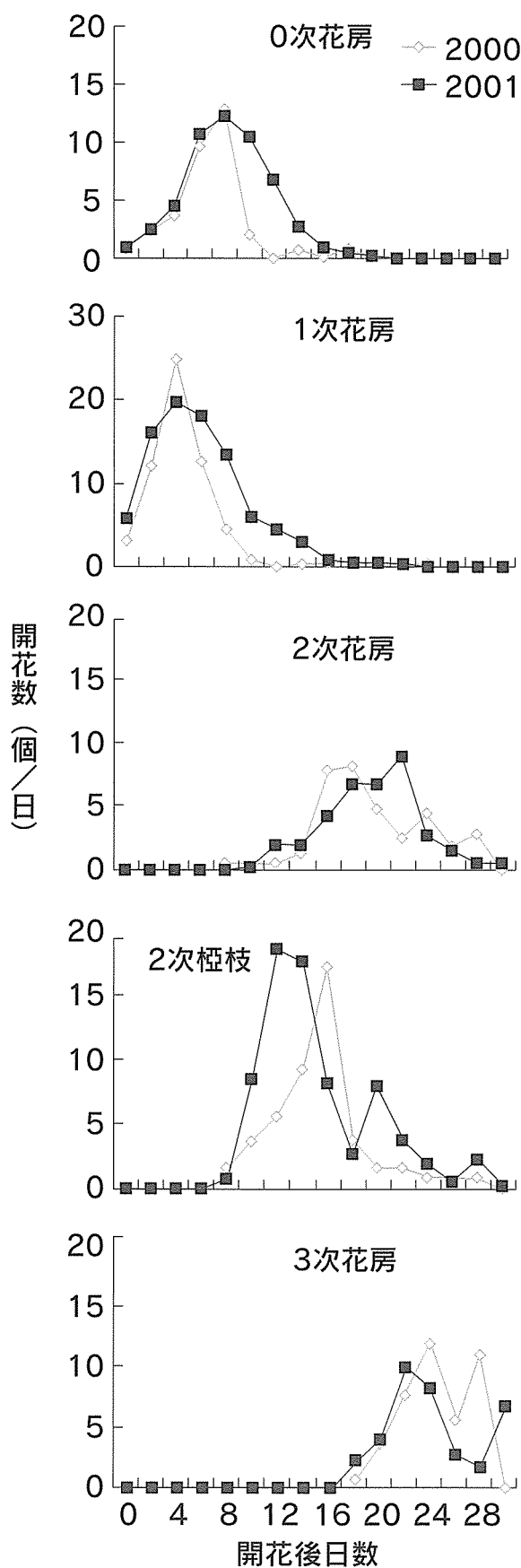


図2 花房次位別の一日あたりの開花数の推移

次に、花房次位別の開花について図2に示す。開花は1次花房から始まった。一部の個体では開花開始日に0次花房においても開花も確認された。続いて、開花後8日目に2次極枝が、12日目に2次花房が、18日目に3次花房が開花した。このような開花の序列および各花房における開花開始日については鳥越ら(1982)の報告と同様であったことから、秋ダイズは夏ダイズと同様、花房次位の序列に従って開花することが明らかとなった。次に、花房次位別の開花パターンについてみると、1次花房は開花後4日目に、0次花房は開花後8日目に一日あたりの開花数が最大に達し、その後減少して16日目にはほぼ終息するような推移を示した。両年とも同様の開花パターンを示したが、2000年は一日あたりの開花数がピークに達してから急に減少し、0次、1次花房とも開花後12日目には開花がほぼ終息した。2次極枝については、1次、0次といった低次位花房の開花が減少し始める開花後8日目から開花し始め、開花後12~16日目までの間にピークをとり、その後徐々に減少し終息するという推移を示した。2001年は開花後12~14日目にピークがみられたが、2000年は開花後16日目のみピークがみられ、ピークの現れる時期やその持続期間に関して年次間差異がみられた。2次花房については2次極枝と同様のパターンを示し、開花後12日目から開花し始め、16日~22日目までの間にピークをとり、その後減少し終息した。ピークの現れる時期やその持続期間に関しても、2001年は開花後22日目にピークをとったが、2000年は開花後16~18日目に開花のピークを示すといったような年次間差異がみられた。3次花房については、開花後18日目から開花し始め、開花が終息する開花後30日目まで比較的旺盛な開花を示した。いずれの花房次位においても開花の推移に関しては年次間差異がみられたが、開花の開始および終息に関しては年次間の差異はみられなかった。

花房次位別の開花数、結莢数、結莢率について表3に示す。開花数は、2000年は1次花房や3次花房において多くみられたのに対し、2001年は0次、1次花房や2次極枝において多くみられ、総開花数も2001年の方が2000年を大きく上回った。結莢数は、2000年は2次花房または3次花房に莢数が集中したが、2001年は1次、2次花

表3 花房次位別の開花数、結莢数、結莢率

	0次花房	1次花房	2次花房	2次極枝	3次花房	合計
	開花数					
2000年	57.0	127.0	76.0	76.5	184.5	509.5
2001年	107.3	177.0	72.5	147.0	71.0	573.5
結莢数						
2000年	1.3	2.0	24.5	5.3	109.7	150.0
2001年	16.3	50.4	30.8	51.0	22.0	169.8
結莢率 (%)						
2000年	2.0	1.8	41.0	5.4	70.9	28.2
2001年	15.2	30.4	36.3	34.9	31.4	28.7

房および2次極枝において多くなった。結莢率は、個体全体では2000年は28.2%、2001年は28.7%とほぼ同様の値を示した。しかし、花房次位別に見ると、結莢率は2000年では0次、1次花房、2次極枝といった、比較的開花期の前半に開花する花房次位において極めて低い値を示したが、2次花房や3次花房といった開花期の後半に開花した花房次位において著しく高い値を示した。一方、2001年は0次花房を除く全ての花房において結莢率が30%以上を示したが、0次、1次花房といった低次位花房よりも高次位花房の方が高くなる傾向がみられた。これまでの報告では、品種の早晩性に関わらず、低次位花房において稔実莢数を安定的に確保する方が高次位花房における稔実莢数の増加よりも重要であるというのが一般的であった(黒田ら 1992, 藤田 1995, Isobe et al. 1995)。しかし、鄭ら(2005)は、西南暖地で栽培される秋ダイズは北海道で栽培される夏ダイズよりも収量に占める低次位花房の割合が低かったと報告している。本実験においてはポット栽培ということもあってさらにその効果が強まり、両年とも収量に占める高次位花房由来の

莢数の割合は低次位のそれよりも高くなった。

気象条件

花房次位別の開花数や結莢率に年次間差異がみられた原因について、気象的要因の関与が考えられた。そこで、気温や日照時間が開花・結莢に及ぼす影響について検討した。表4に2000年、

2001年および平年の平均気温、降水量、日射時間を示す。平均気温については2000年、2001年両年とも7月、8月および10月は平年値を1℃以上上回るような温暖な気候を示したが、年次間差異はみられなかった。降水量に関しては、2000年は7月、8月の2ヶ月にわたって平年値を大きく下回ったのに対し、2001年は8月のみ下回るに留まった。日射時間は平均気温と同様の傾向を示し、両年とも7月、8月の値が平年値を大きく上回ったが、年次間差はみられなかった。

平均気温に関してさらに日変化についてみたものを図3に示す。1ヶ月の平均では両年に有意な差はみられなかったが、日変化については両年で大きな違いがみられた。2000年は開花前18日から14日まで、開花前5日から開花直後までの期間において2001年の気温よりも著しく下回っており、これが0次、1次花房および2次極枝の開花数の減少に影響を及ぼしたのではないかと考えられる。一方、開花後6日から15日までは2001年を著しく上回った。このことが0次、1次花房および2次極枝における著しい結莢率の低下につながったのではないかと考えられる。ただ、同様の

温度条件にありながら栄養成長量には年次間差異がみられなかったことから、開花や結莢は栄養成長よりも温度による影響を受けやすいことが示唆された。

また、開花期の後半は両年とも平年値と同様の推移を示したが、3次花房の開花数や結莢数、結莢率は2000年では著しく増加する傾向がみられた。これは、2000年は開花後6日から15日までの期間、高温条件にさらされたことで低次位花房の結莢数が著しく減少したが、補償作用によって3次花房とい

表4 2000年、2001年および平年のダイズの栽培時期における平均気温、降水量、日照時間

	7月	8月	9月	10月	11月
	平均気温 (°C)				
2000年	28.2	28.6	24.4	19.7	14.5
2001年	27.8	28.5	24.0	19.8	13.2
平年(1971~2000)	26.9	27.6	23.9	18.7	13.4
降水量 (mm)					
2000年	149.5	100.0	197.5	86.5	143.0
2001年	311.0	78.0	211.0	148.0	145.0
平年(1971~2000)	266.4	187.6	175.0	80.9	80.5
日照時間 (時間)					
2000年	227.1	214.2	160.5	120.7	129.1
2001年	222.4	225.1	185.4	171.7	147.7
平年(1971~2000)	182.7	199.3	157.8	174.9	133.2

注) 気象庁 気象統計情報 気象観測(電子閲覧室) 地点ごとのデータ
http://www.data.kishou.go.jp/etrn/index.html により作成

った高次位花房における開花数が増加し、さらに結莢率が著しく上昇したものと考えられる。このことから、秋ダイズは夏ダイズに比べて高次位花房における補償作用が強いと考えられ、収量増加にとって高次位花房における莢数増加を視野に入れた栽培法の確立やその制御メカニズムの解明が有効であることが示唆された。

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: 11-18.
2. Brun, W. A. and K. J. Betts 1984. Source/Sink relations of abscising and nonabscising soybean flowers. *Plant Physiology* 75: 187-191.
3. Domingues C. and D. J. Hume 1978. Flowering, abortion and yield of early-maturing soybeans at three densities. *Agronomy Journal* 70: 801-805.
4. 藤田究 1995. ダイズ品種「タチナガハ」と「アキシロメ」の次位別開花・結実習性に及ぼす播種期の影響. 香川県農業試験場研究報告 46: 77-78.
5. 池田武・佐藤康 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. 日本作物学会紀事 59: 219-224.

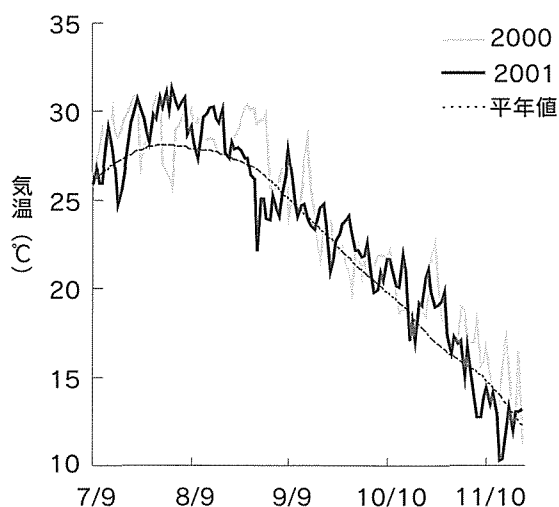


図3 2000年, 2001年および平年値の平均気温の推移
注) 気象庁 気象統計情報 気象観測 (電子閲覧室) 地点ごとのデータ <http://www.data.kishou.go.jp/etrn/index.html> により作成色のついたところは開花期間を示す

6. Isobe, K., M. Kokubun and Y. Tsuboki 1995. Effects of soybean raceme-order on pod set and seed growth in three cultivars. *Japanese Journal of Crop Science*, 64: 281-287.
7. 小島睦男・福井重郎 1966. 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. 日本作物学会紀事 34: 448-452.
8. 黒田俊郎・植高智樹・郡健次・熊野誠一 1992. ダイズの花房次位別着莢に及ぼす栽植密度の影響. 日本作物学会紀事 61: 426-432.
9. 桑原真人 1986. ダイズの多収条件と窒素代謝 (1). 農業および園芸 61: 473-479.
10. 齋藤邦行・タリク ムハマド・黒田俊郎 1999. 土壌水分の欠乏がダイズの開花結実に及ぼす影響 —エンレイと東山69号の比較—. 日本作物学会紀事 68: 537-544.
11. 斎藤正隆・大久保隆弘 1980. 大豆の生態と栽培技術. 農文協. 東京. pp. 63-76.
12. 鳥越洋一・紳士宏・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. 日本作物学会紀事 51: 89-96.
13. 横山優・梅崎輝尚・松本重男 1988. 秋ダイズの開花・結莢に及ぼす早播の影響について. 日本作物学会九州支部会報 55: 106-109.
14. 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. 日本作物学会紀事 52: 567-573.
15. Van Schaik, P. H. and A. H. Probst 1958. The inheritance of inflorescence type peduncle length, flowers per node, and percent flower shedding in soybean. *Agronomy Journal* 50: 98-102.
16. 鄭紹輝・馬場彰子・中元博明・井上眞理・福山正隆 2005. 花房次位別の結莢が秋ダイズの収量に及ぼす影響. 日本作物学会九州支部会報 71: 27-29.