

北部九州における秋ダイズの生理生態的特性

鄭 紹 輝

佐賀県唐津市松南町152-1 佐賀大学海浜台地生物環境研究センター

Physiological and Ecological Characteristics of Late Maturing Soybean in Northern Kyushu of Japan

Shao-Hui ZHENG

Coastal Environment Center, Saga University,
152-1 Shonan-cho, Karatsu, Saga 847-0021, Japan

要 約

近年水田転換畑におけるダイズの作付けは著しく増加しているが、北部九州の福岡、佐賀両県における増加は特に著しい。北部九州に通常栽培されているダイズの生態型は晩生で秋ダイズに分類されるが、これまでのダイズの基礎的研究はほとんど早生の夏ダイズに焦点を当てたもので、その理論は秋ダイズに当てはまらないことも少なくない。本稿は、今後も増加傾向にある秋ダイズに焦点を当てた過去の報告を集め、秋ダイズの生理生態的特徴を整理したものであり、主に北部九州地域における今後のダイズ栽培拡大に向けた研究の参考資料になることが期待される。秋ダイズの特徴を要約すると、夏ダイズと比較して、栄養成長程度は大きいが取量は高くなく、子実生産の効率は低い。栄養成長の大部分は開花後に行われ、栄養成長と生殖成長の重複期間が長い。このことが原因で、開花期初期の結莢が抑制され、開花・結莢期間を長引かせていると推測されるが、その詳細は研究によって完全には証明されていない。また、登熟期間の環境条件が比較的温暖であるため、登熟のための同化産物の供給が豊富であり、開花期の早晩による子実重の差はみられない。なお、秋ダイズの豊富な栄養成長量のマイナス効果として、長雨や台風などによる倒伏の問題、および開花期の高温、乾燥に起因する結莢不足による青立ちの問題が起きやすく、研究による解決法が望まれる。

Summary

The cultivation of soybean in paddy field has been increasing in Japan, especially in Saga and Fukuoka prefecture in northern Kyushu. The conventional soybean cultivars in this area are classified as late maturing types. Since almost researches in soybean are focused on the early maturing types over the world, the physiological understanding about the late maturing types are not enough. This review summarized the recent reports, and concluded the characteristics of late maturing types of soybean. It could be helpful for the expanding cultivation in northern Kyushu and other warm regions. In the late maturing soybean, about 70% of vegetative growth is produced after flower opened and the total vegetative growth is great compared with early maturing types. This growth habit could be the reason that the pod set after flowering is delayed and the period of flowering and pod set is prolonged. However, it has not yet been illustrated clearly by the experimental data. In the late maturing soybean cultivating area, the climate is warm during seed filling, so that the carbohydrate assimilation might be enough for the seed growth regardless of the flowers opened early or later. Furthermore, as the demerit of its large vegetative growth, the lodging caused by long raining or by typhoon, and the green stem syndrome caused by high temperature and drought during flowering period are the serious problems for the production, and it is expected strongly to resolve these problems by research effort.

1. はじめに

ダイズの世界における生産量は20世紀後半に飛躍的に増大し、2000年では約1億7千万トンで、実に1965年の約6倍である。現在ではトウモロコシ、イネ、コムギに次ぐ4番目に生産量の多い作物である。このような生産量の急増は、アメリカ、ブラジルおよびアルゼンチンにおいて顕著であるが、主要作物では史上まれに見ないことである。その理由には、言うまでもなく消費の増大が生産を刺激したからであろう。人々の生活水準の上昇により、食生活は単純なカロリー供給に満足する時代から、もっとレベル（栄養価）の高い食品を好む時代に移ってきている。その役割を果たしている食品素材の一つはダイズである。

周知のように、ダイズの子実には約40%のタンパク質、20%の脂肪が含まれている。利用法としては、主に加工によって脂肪は食用油に、タンパク質は家畜の飼料に用いられ人間が家畜の肉を食べることによって二次的に摂取している。また、アジア地域では、古くからダイズを豆腐、醤油、味噌、納豆、枝豆などの食品に加工して食用する習慣もある。しかし、食品としての使用量は全体の1割にも満たなく、消費量増大の大半は食

用油や家畜飼料の需要増から由来している。

しかしながら、このような世界的な増産傾向に逆行して、日本においては、生産量が昭和30年（1955年）の50万トンをピークに、その後減少に転じ、昭和51年（1976年）には最低の約11万トンに落ち込み、その後米生産調整によって再び増加に転じ、2000年では約25万トンに達した（農林水産省 2001）。これまで主に東北や北海道地域を中心に行われて来ていたダイズの栽培は、近年全国に広がり、特に品質や収量などの面で不利である西南暖地（中国、四国および九州）においてその増加が目立っている（表1）。それを象徴するかのようには、1980年に対する2002年のダイズ生産量は北部九州に位置する福岡県では約8倍、佐賀県では約10倍に増加しており、2002年度のダイズ生産量は北海道に次いで佐賀県、福岡県の順に多くなってきた。

本稿は、北部九州において今後もダイズ生産の増加が予測されることに鑑み、九州地域を適地とする暖地型ダイズ（秋ダイズ）の特異性を詳細に解説し、今後の暖地におけるダイズの栽培や多収性品種育成の基礎的な参考資料に資することを目的とする。

表1 主産地におけるダイズ生産量の推移

年度	全国	北海道	秋田	山形	宮城	栃木	新潟	福岡	佐賀
1980	173900	38000	12400	5800	5460	2560	5380	2620	2690
1985	228300	54400	15100	6560	6150	6700	5130	4710	3550
1990	220400	33000	17000	8960	8040	13500	6420	6600	7410
1995	119000	22400	5690	2820	5030	3540	3040	4990	4750
2000	235000	43100	12200	10200	14000	11600	12500	14200	15800
2001	271400	42800	14600	14700	15100	13200	17400	16800	19900
2002	270200	41500	10700	7740	15500	14100	17400	21100	25900

注) 農林水産省「作物統計」により作成。

2. 秋ダイズの生理生態的諸特性

1) 生態型

ダイズの起源は中国東北部とされている。しかし、栽培ダイズの祖先である *Glycine soja* は現在でも中国北部から華南までの広い地域、および韓国、日本列島に分布していることから、中国南部起源という説もある。現在栽培されている地域は東、南アジアおよび南北アメリカ大陸で、アフリ

カやヨーロッパおよび西アジア地域では統計上極めて少ない。したがって、生態型（異なる地域に適する品種群）が多様で、成熟期の早い順（生育日数の短い順）で分けると日本では8（Ia, Ib, IIa, IIb, IIc, IIIc, IVc, Vc, 説明：ローマ数字は播種から開花までの期間の長短、アルファベットは開花から成熟までの期間の長短を示す）、アメリカでは12（00, 0, I~X）のグル

ープに分けられている。両者の対応関係はUde et al.(2003)の報告に従うと表2の通りである。

秋ダイズは生態型による分類ではⅢc以降の品種群であり、近畿以西で栽培可能である。夏ダイズより感光性が強いいため、播種は六月下旬から7月上旬が最適とされている。しかし、この時期は梅雨末期に重なり、播種作業が雨によってしばしば遅延される。そのため、不安定な時期を回避する目的で早播きの研究がなされてきたが、秋ダイズの特徴から、早く播種してもそれほど早く開花せず、また結莢も長日状態では早く始まらないた

め(横山ら 1989, 前田 2002), 結果的に収穫時期はあまり変わらない。そのため、栄養生長量が増えるだけで、収量にはあまり効果がない(大賀ら 1985)。逆に最近梅雨明け後に播種する試みがなされており、晩播のため栄養生長量は少ないが、密植によって通常播きと同等の収量が得られるのではないかと見られている(山戸 2003)。なお、遅まきの場合、草丈が低いいため倒伏の心配がなく、中耕・培土を必要としない省力栽培にもつながるので、今後検討されるべき栽培法である。

表2 ダイズ品種の早晩性分類の日米間比較

品 種	育成(在来)地	生態型(日本式)	生態型(米国式)*
ユウヒメ	北海道	I a	I
トヨムスメ	北海道	I a	I
トヨコマチ	北海道	I a	I
トカチクロ	北海道	I a	I
スズマル	北海道	I a	I
キタコマチ	北海道	I a	I
キタホマレ	北海道	I b	I
ヒメユタカ	北海道	I b	I
スズヒメ	北海道	I a	Ⅲ
カルマイ	東北	Ⅱ b	Ⅲ
フクシロメ	東北	Ⅱ b	Ⅲ
フクナガハ	東北	Ⅱ b	Ⅲ
タンレイ	東北	Ⅱ b	Ⅳ
タチユタカ	東北	Ⅱ b	Ⅳ
タチコガネ	東北	—	Ⅳ
スズカリ	東北	Ⅱ b	Ⅳ
シロセンナリ	東北	Ⅱ b	Ⅳ
ムツシラタマ	東北	Ⅱ b	Ⅳ
オオツル	長野	—	Ⅳ
ナスシロメ	長野	—	Ⅳ
ホウレイ	長野	—	Ⅳ
エンレイ	長野	Ⅱ c	Ⅳ
タチナガハ	長野	Ⅱ c	Ⅴ
ナカセンナリ	長野	Ⅲ c	Ⅴ
ミスズダイズ	長野	Ⅲ c	Ⅴ
アキシロメ	九州	Ⅳ c	Ⅵ
フクユタカ	九州	Ⅳ c	Ⅵ
ゴガク	九州	Ⅳ c	Ⅶ
ヒュウガ	九州	Ⅳ c	Ⅶ
ヒメシラズ	九州	Ⅴ c	Ⅷ

* : 米国における分類はUde et al. (2003) によった。

2) 旺盛な栄養生長

北部九州における秋ダイズの栽培は栄養成長量の獲得は比較的容易である。一般に標準播種される場合、東北や北海道では通常の葉面積指数(LAI)は4から5であるといわれるが、中国・九州のような暖地では容易に7に達する(島田ら1990, 馬場ら2003)。しかし、開花前に獲得できるLAIは東北や北海道の3から4であるに対し、九州では約2であり、その結果、開花後のLAIの成長率は、夏ダイズでは全体の20から30%であるのに対し、秋ダイズでは50から70%である(表3)。このことは、秋ダイズの栄養成長量の大半が開花後に獲得され、開花直後の栄養成長と生殖生長の競合を激化させ、莢生長が遅延される原因になっているのではないかと推測されている。しかしながら、開花後に摘心処理によっても、莢成長が促進されなかった報告(Zheng *et al.* 2003)もあり、秋ダイズの開花後の栄養

成長と生殖成長の制御機構は未だよく解明されていない。東北や北海道地域における夏ダイズでは開花後の栄養成長は登熟後期の光合成能力を増大させるため、収量の確保には大変重要であるが(高橋・御子柴1987)、秋ダイズでは栄養成長量不足の心配がほとんどなく、むしろ過剰な栄養成長は倒伏や後述の青立ちの原因となり、収穫作業を困難にすることが問題である。そのような問題点を解決した品種改良の一例としては、平成13年度に育成された暖地用品種サチユタカである。この品種は従来のフクユタカに比較して、開花が数日早く、栄養成長量も少なく、成熟は7から10日早いが、子実収量は同レベルであり、麦との2毛作が容易になる。しかしながら、現在のレベルよりさらに収量を上げる場合、如何に秋ダイズの高い栄養成長性を利用できるかが今後の研究課題である。

表3 全国各地標準播種における葉面積指数(LAI)の変化

実験地	開花時LAI	最大LAI	開花後のLAI 成長率(%)	供試品種	参考文献
北海道	2.8	3.7	32	キタホマレ	中世古ら 1984
北海道	3.2	4.2	24	ワセスズナリ	中世古ら 1984
東北	4.7	5.9	20	オクシロメ	中世古ら 1984
東北	4.1	5.1	20	ナンブシロメ	国分 1988
中国	3.3	7.4	55	タマホマレ	島田ら 1990
九州	2.1	4.9	57	サチユタカ	馬場ら 2003
九州	2.4	7.1	66	フクユタカ	馬場ら 2003

3) 長い開花、結莢期間

前述のように、秋ダイズでは開花は比較的栄養成長レベルの低い状態(LAI=2)で始まり、30から40日間続く。すべての花が結莢するわけではなく、収穫時の莢数は総開花数の20から40%程度である。通常結莢は早い花から始まり、ある程度の莢数を確保できたら残りの花は自然に脱落する。しかし、早期花が何らかの環境ストレスで脱落した場合は、晩期の花が結莢し、補充的な役割を果たす。このメカニズムは植物体のシンク・

ソースのバランスによって調節されていると推測されているが、その真実の解明は今なお多くのダイズ研究者の的となっている。由田らによると、夏ダイズでは開花始めから10日間以内に咲いた花の結莢率は最も高く、その分の子実は最終的に収量の約90%を占めているが、最近の研究結果では、秋ダイズにおいて、早期花から莢が形成されるまでは約2週間ほどの停滞期間がある(Zheng *et al.* 2003)。また、早期花の結莢率は夏ダイズほど高くなく、それを補うように晩期の

花からも高い割合で結莢がみられる（横山ら 1989, 鄭ら 2005）。このような結莢ピークの遅延は、開花と同様に長日条件によって制御されていると指摘する報告はあるが（横山ら 1989）、開花後の旺盛な栄養成長による同化産物の競合が原因との説は立証するデータがなく、未だ推測にすぎない。

4) 登熟

登熟とは子実が肥大している期間を意味するが、イネ、コムギのように多くのイネ科作物では、開花後速やかに子実が肥大し始めるため、開花日から成熟日までの期間は便宜上登熟期間と呼ばれている。この期間は実際の子実生長期間より長い。そのような意味では登熟期間は、秋コムギでは約30日、イネでは約40日、ダイズでは前述のように比較的長く70から90日になるが、秋ダイズでは特に長い。しかしながら、ダイズでは果実の器官形成はイネ、コムギと違って、開花後莢が伸長開始するまでは10から15日、莢伸長開始から最大になるまでは15から20日かかり、莢伸長停止後に子実肥大が始まるので、子実が成長開始から停止までの正味の登熟期間は、Egli(1998)が提唱している有効登熟期間 (Effective Filling Period, EFP), すなわち、子実の最大乾物重を増加速度で割った値を用いたほうが妥当であると思われる（図1）。それによればダイズでは約28日で、イ

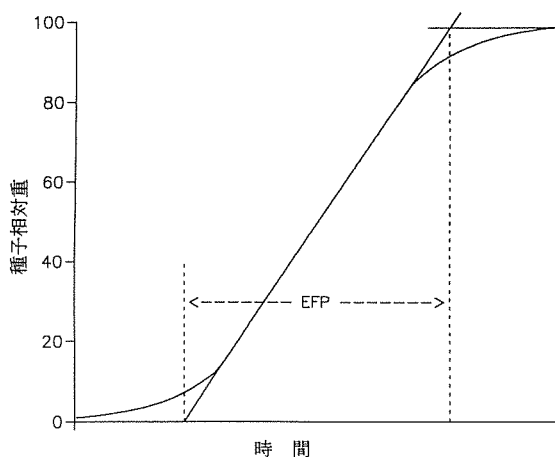


図1 ダイズ種子成長の推移の模式 (Egli 1998)

EFP (有効登熟期間) = 最大種子重 / 種子成長速度
種子成長速度は直線的な生長期間の速度を用いる。

ネ (18日) よりやや長く、小麦(28日)と同程度であり、トウモロコシ (31日) よりはやや短い。

子実の登熟は、一般に夏ダイズでは、早く開花したものから始まるが、成熟期はほぼ同時になるので、遅く開花したものでは、子実が小さくなるといわれている。しかし、福岡における秋ダイズを用いた実験では、子実の1粒重は開花の早晩による差がみられない (鄭ら 2005)。その理由は北部九州において子実登熟後期に当たる10月の日射や気温条件が比較的よいことが莢への同化産物の供給を豊富にし、高次位花房の子実にまで十分な同化産物が供給されたためではないかと考えられる。さらに、最近の報告によると (斉藤ら 1998)、遅く開花した子実は登熟期間は短い、成長速度が速く、先に開花したものに追いつこうとすることや、遅く開花した高次位花房の莢実は開花後速やかに成長を開始すること (Zheng *et al.* 2004) から、開花時期別の子実成長については、品種の早晩性や、登熟期の気象条件によって大きく異なることもあると考えられる。

子実登熟期間中は最も多くの栄養分が子実に蓄積される過程である。イネや麦類では開花前に稈に貯蔵された炭水化物を登熟期間中に子実に移行させる「再転流」がみられるが、ダイズではそれがほとんどなく、子実登熟に必要な炭水化物はすべてその期間中に生産されたものを利用するといわれている。したがって、開花後の葉面積拡大は増収の鍵であるともいわれている (小島 1987)。しかしながら、秋ダイズを用いた馬場ら (2003) の実験では、莖中の非構造的炭水化物含量は開花期に高く、登熟が進むにつれて低下すると報告されており、このことは、ダイズにおいても開花までに生産された炭水化物はいったん栄養器官に蓄積され、登熟後期に再利用される現象もあることを示唆している。さらに、その非構造的炭水化物含量を器官別に調べたところ、葉柄に著しく多いことが明らかにされている (馬場 2004)。

5) 収量レベル

西南暖地におけるダイズの単収は、一般的に東北や北海道より低いといわれている。過去の実験的な報告例をみると (表4)、反収400kg以上の超多収は北海道、東北や関東地域では容易に得られるが、西南暖地では広島県 (島田ら 1990)、

香川県（浅沼・奥村 1991）および福岡（真鍋ら 1982）の例しかない。西南暖地の場合において、栄養生長量（最大LAI、総節数、茎重）は他の地域に比較してかなり多く、結果的に粒茎比（収穫指数）の値はかなり低くなり、いわゆる生産効率の悪い多収例となっている。暖地における

ソース源である栄養生長量の潜在的な生産力をうまく引き出せば、これまで以上の収量が得られるのではないかと期待されるが、この過剰な栄養生長と収量の関係については今なお研究の焦点になっている。

表4 全国各地における実験的多収例の諸要素

地域	収量 (kg/10a)	最大LAI	収量/LAI (kg)	総節数 (/m ²)	収量/節 (g)	実験年度	供試品種	文献
北海道	415	3.7	112.2	380	1.1	1983	キタホマレ	中世古ら 1984
東北	528	5.8	91.0	567	0.9	1982	オクシロメ	中世古ら 1984
東北	458	5.9	77.6	366	1.3	1983	オクシロメ	中世古ら 1984
東北	404	5.9	68.0	—	—	1978	ナンブシロメ	国分ら 1981
東北	409	5.5	74.4	—	—	1980	ナンブシロメ	国分ら 1982
関東	402	5.2	77.2	—	—	—	エンレイ	鈴木ら 1987
関東	434	5.9	74.1	—	—	—	タチユタカ	中野 1989
中国	596	9.0	66.2	674	0.9	1981	タマホマレ	島田ら 1990
中国	445	8.0	55.6	552	0.8	1982	タマホマレ	島田ら 1990
四国	404	6.5	62.2	—	—	1982	アキヨシ	浅沼・奥村 1991
四国	461	8.5	54.2	—	—	1983	アキヨシ	浅沼・奥村 1991
九州	442	6.7	66.0	—	—	1979	フクユタカ	真鍋ら 1982

注) 表中の数値は各報文からの引用あるいはそのデータを基に算出した。

ダイズの収量は単位面積当りの莢数と粒大の積によって決定される。前者は開花期間中、後者は莢肥大期の乾物生産力に影響される（国分 1988）。興味深いことに、両者の間に相互補償作用があり、莢数が少ない場合、粒大が大きくなり、莢数が多い場合粒大が小さくなる。大粒品種では単位面積当たりの莢数が少なく、小粒品種では逆に莢数が多く、結果的に収量は変わらない（松本・梅崎 1987）。同一品種でも、開花期間中に環境ストレスによって結莢数が減少した場合、子実肥大期の条件がよくなれば、1粒重の増加によって収量がある程度回復できる。しかし、子実肥大期（莢数がすでに決定されている時期）のストレスは粒重を減少させることによって減収をもたらす。

6) 青立ち

通常では、ダイズ植物は莢が緑色から褐色になり成熟すると同時に、葉が黄化して地面に落ち、

莢が枯れて、植物体が枯死している状態で収穫を待つ。この性質をダイズの成熟整合性という（松本ら 1986）。時には、莢が成熟しているのに対し、茎は青く水分を多く含んでいて、緑葉が残留することもあり、いわば植物が生きている状態である。これを青立ち現象、あるいは成熟不整合と呼ばれている。青立ちが起こると機械収穫時に莢あるいは緑葉から水分が滲み出て子実を汚して品質を低下させるため、生産現場から一種の「病気」として扱われ対策を求められている。しかし、この現象は、植物学的には決して「病気」ではない。植物は本来、生長を続けながら開花し、絶えず成熟した実を結ぶ。この性質は今でも野菜などの生産にとって出荷を分散できるので好都合である。ダイズはなぜ一度に収穫できるようになったのかを追求した研究は見当たらないが、長年の栽培によって生産管理に都合のよいものだけ選抜された結果ではないかと推測される。なお、熱帯地域では、今でもリョクトウ、ケツルアズキ、ササゲなど多

くのマメ科作物が栽培されているが、いずれもダイズのような成熟整合性をもたず、より多くの子実を得るために数回にわたって手取り収穫を行うか、または成熟莢が最も多く取れる時期を見計らって一斉に刈り取ることによって行われている。ダイズのような成熟整合性のメカニズムを明らかにでき、他のマメ科作物の改良に応用できれば、手取り収穫を行っている地域にとっては革命的な技術になる。

青立ち現象を引き起こす原因は未だによく解明されていないが、生理的にはソース・シンクのアンバランス、つまり、シンクが何らかの理由で小さくなった場合に、生産された同化産物が行き場がなくなり、ソース器官に蓄積されたままで、植物体の老化を阻んでいるために起こると推測されている。また、環境的には高温や、病虫害が発生した場合によく起こるが、高温の場合、光合成が刺激されることによってソースが増大し、莢に病虫害が発生した場合はシンクが小さくなり、いずれの場合もソース過剰によって起こると解釈できる。この問題は北海道を除く日本全土にわたってしばしば起こっているが、九州地域では、前述のように栄養成長量が多い分、何らかの理由でシンクである着莢数が不足すると起こりやすい環境であると考えられる。

3. 終わりに

ダイズはその子実に約20%の脂肪、40%のタンパク質が含まれているがゆえに、世界の人々にとって貴重な食品栄養源である。またダイズ子実にはイソフラボンなどの抗酸化物質が多く含まれていることが最近の研究でわかり、健康食品としても脚光を浴びている。欧米ではダイズをアジアの人々のように直接摂取する習慣がないが、近年肉類の過剰摂取による成人病の多発が問題にされてから、ダイズを健康食品の一つとして直接摂取する動きがある。

ダイズは世界生産量でトウモロコシ、イネ、コムギに次ぐ4番目に多い作物であるが、その消費は世界に普及されているとはいえない。ダイズの主な消費形態は食用油と油粕である。油粕は家畜の飼料に用いられているため、その利用も欧米のような畜産業が発達する地域に多い。ダイズの主

生産国であるアメリカ、ブラジルなどでは販売（主に輸出）と利用拡大は生産の制限要因になっており、エンジンオイル、ディーゼル燃料などの工業的利用に関する開発研究も盛んに行われている。しかしながら、FAOが2030年にはダイズ生産量は現在の1億7千万トンから2億5千万トンに増加すると予測しているのは何を根拠としているのであろうか（図2）。一つだけ確信できるこ

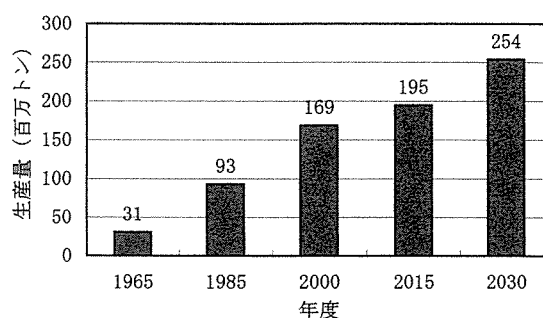


図2 ダイズの世界生産量の推移 (Slocum 2001)
2015, 2030年の値はFAOによる推定。

とは、発展途上国において経済の生長による食生活レベルの向上に伴い、現在主にカロリー供給に満足している食生活から、主食が減り、栄養価の高い食品が増加する消費構造になる。そうなれば動物タンパクの摂取には間接的に、植物タンパクの摂取には直接的にダイズを利用することになる。このことから今後の世界におけるダイズの世界生産はもっと多様化する傾向がうかがえる。

ダイズは、自ら根粒を利用して窒素固定をするため土壌養分には依存度は低いが、生育期間中の水分要求量は高く、また登熟には冷涼な気候を好むため、中国東北部、アメリカ北部及び日本の東北、北海道のように、冷涼で湿潤な地域に主に生産されている。それゆえに、ダイズに関する基礎的な研究や品種育成は主にこれらの地域に向けたものが多い。現在、従来のダイズ栽培地域における生産はほぼ限界にきており、今後の生産拡大には、暖地への作付増加は避けられない。しかし、今までに定型化されたダイズの基礎的理論は暖地における秋ダイズには当てはまるかどうか疑問がある。そのためには、秋ダイズの生理生態的特性をより明らかにした上で、暖地に適応する新品種が開発が将来必要不可欠であろう。

参考文献

- 浅沼興一郎・奥村美智夫 1991. ダイズの乾物生産と子実生産に及ぼす播種期の影響. 日作紀 60: 484-489.
- 馬場彰子・鄭紹輝・松永亮一・古屋忠彦・福山正隆 2003. 暖地型ダイズ新品種サチユタカの乾物生産特性について. 日作紀 72:384-389.
- 馬場彰子 2004. 非構造性炭水化物に着目した西南暖地におけるダイズの収量解析. 九州大学大学院生物資源環境科学府修士論文集.
- Egli, D.B. 1998. Seed biology and the yield of grain crops. CAB International, London.
- 国分牧衛・渡辺和之 1981. ダイズの群落構造と収量成立過程の解析 第2報 草型の制御が受光態勢と収量構成要素に及ぼす影響. 日作紀 50:311-317.
- 国分牧衛・渡辺和之 1982. ダイズの群落構造と収量成立過程の解析 第6報 草型が異なる場合の子実生産特性と栽植様式, 密度反応. 日作紀 51: 51-57.
- 国分牧衛 1988. 大豆のIdeotypeの設計と検証. 東北農試研報 77: 77-142.
- 前田明德 2002. ダイズにおける莢生長の停滞期について. 九州大学生物資源環境科学科農学分野(作物学)卒業論文集.
- 松本重男・古屋忠彦・松永亮一 1986. ダイズにおける成熟異常個体の発生実態ならびにその識別規準について. 日作紀 55: 333~338.
- 松本重男・梅崎輝尚 1987. 粒数, 粒大からみたダイズ品種の類別と生育特性. 日作紀 56: 177-183.
- 真鍋尚義・尾形武文・今林惣一郎・古城斉一 1982. 莖径・主莖長比からみた大豆の最適播種密度について. 日作九支報 49:97-100.
- 中野寛 1989. ダイズの収量に対する狭畦の効果. 日作紀 58: 133-134.
- 農林水産省統計情報部 2001. 平成12年産作物統計. 農林統計協会, 東京.
- 大賀康之・三善重信・平野幸二 1985. 大豆の早播き栽培について 第3報 生育及び収量. 日作九支報 52: 59-62.
- 小島睦男 1987. わが国におけるマメ類の育種. 明文書房, 東京.
- 斉藤邦行・磯部祥子・黒田俊郎 1998. 有限伸育型ダイズ品種における莢と子実の発育過程—花房の着生位置に着目して—. 日作紀 67: 523-528.
- 斉藤正隆・大久保隆弘 1980. ダイズの生態と栽培技術. 農文協, 東京.
- 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.
- Slocum, J. 2000. The Changing Global Soybean Market. Proceedings of the thirtieth soybean seed research conference. American Seed Trade Association, Alexandria. pp19-28.
- 高橋信夫・御子柴公人 1987. ダイズの多収性育種, 小島睦男編, わが国における豆類の育種. 明文書房, 東京. 265-285.
- Ude, G.N., Kenworthy, W.J., Costa, J.M., Cregan, P.B. and Alvernaz, J. 2003. Genetic diversity of soybean cultivars from China, Japan, north America, and north American ancestral lines determined by amplified fragment length polymorphism. Crop Sci.43:1858-1867.
- 山戸陸也 2003.ダイズ「サチユタカ」の狭畦無中耕無培土栽培. 九州農業研究 65:23.
- 横山優・梅崎輝尚・松本重男 1988. 秋ダイズの開花, 結莢に及ぼす早播きの影響について. 日作九支報 55: 106-109.
- 横山優・梅崎輝尚・松本重男 1989. 秋ダイズの結莢に及ぼす日長の影響. 日作九支報56: 73-76.
- Zheng, S.H., Maeda, A. and Fukuyama, M. 2003. Lag period of pod growth in soybean. Plant Production Science 6:243-246.
- Zheng, S.H., Maeda, A. Kashiwagi, Y. Nakamoto, A. and Fukuyama, M. 2004. Simultaneous growth of pods and seeds set on different racemes in soybean. Proceedings of 4th International Crop Science Congress. Brisbane, Australia. In CD-ROM.
- 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. 日作九支報, 71:印刷中.