

福岡県農業総合試験場特別報告

第31号

暖地における水田転換畑
ダイズ作の高品質安定多収化
に関する栽培学的研究

平成22年 3月

福岡県農業総合試験場

(筑紫野市大字吉木)

暖地における水田転換畑
ダイズ作の高品質安定多収化
に関する栽培学的研究

内 川 修

2010

*京都大学 審査学位論文

SPECIAL BULLETIN
OF
THE FUKUOKA AGRICULTURAL RESEARCH CENTER
NO. 31

Study on crop management for high and stable yield and high-quality
production of Soybean (*Glycine max*,(L.)Merrill) in upland fields
under paddy-upland rotation in the warm region of Japan

by

Osamu Uchikawa

THE FUKUOKA AGRICULTURAL RESEARCH CENTER

Chikushino, Fukuoka 818-8549, Japan

March 2010

第8章 総合考察

現在、ダイズの自給率の向上が求められている中で、安全で安心できる国内産ダイズの安定供給が課題となっている。このため使用用途に応じた高品質なダイズを実需者や消費者に対して安定的に供給することが求められている。

ダイズの安定栽培および品質向上に関する研究は多数報告されているが、その報告は畑栽培したダイズを対象にした検討がほとんどで、水田転換畑を対象にした研究は充分といえず、とくにダイズの多収性と外観品質、タンパク質含有率などの品質面、さらにはダイズームギの二毛作を基本とした作業体系や機械作業適性の面を総合して栽培技術を構築した報告はみあたらない。

国内産ダイズの80%以上が水田転換畑で生産されている(農林水産省大臣官房統計部 2004)ことから、水田転換畑でのダイズ収量の不安定要因を解析し、なかでもダイズームギの二毛作体系を前提とした場合の収量、外観品質、タンパク質含有率、および機械作業適性と栽培環境条件との関係を明らかにして、水田転換畑での収量と品質を向上させるための栽培技術を構築することは、実需者から望まれる品質を兼ね備えたダイズの安定生産技術が可能となる。

本研究では以上のような背景と観点から、ダイズの高品質安定生産技術を確立するために、栽培環境条件がダイズの生育、収量、品質に及ぼす影響を明らかにして、その栽培環境条件に対応した栽培技術を検討した。

まず、北部九州地域におけるダイズの収量と気象条件との関係について、過去15年間のフクユタカの作況試験データとアメダスデータを基に解析を行った。収量構成要素である百粒重と整粒数および稔実莢数について生育ステージ別に気象との相関関係を分析したところ、稔実莢数は子実肥大初期の多照で増加した。また、開花期前後1週間の降雨量と二次曲線の相関関係があり、適度な降雨量で稔実莢数が多くなった。百粒重および整粒数は、開花期～子実肥大初期の平均気温がおおよそ24.5℃付近である場合に増加した。乾燥対策の栽培技術として開花期～子実肥大初期での畝間灌水の重要性が指摘された。また、福岡県における2000年産ダイズの多収要因について、過去14年間の作況試験データと気象に基づいて解析を行った結果、2000年産ダイズの多収要因は、9月の莢伸長期から子実肥大期にかけて適度な降雨による稔実莢率の向上と、子実肥大期の平均気温が適温で経過したことともなう百粒重の増加と考えられた。フクユタカを7月10日に播種した場合、平年値では開花期が8月20日となり、アメダス太宰府による開花期～子実肥大初期の平均気温は24.5℃であった。平均気温から逆算すると北部九州では7月10日前後の播種が適期であると推察される。しかし、近年温暖化によって平均気温が上昇しており、今後播種時期の見直しも必要になると思われる。また、今後は百粒重と m^2 当たり整粒数の増大をねらった肥培管理技術の開発が必要である。

次に、7月下旬の晩播、無中耕無培土栽培を前提とした水田転換畑作ダイズの安定多収生産技術の確立に資するため、2002～2005年の4カ年にわたり「サチユタカ」を供試して培土の有無や栽植密度が、ダイズの生育、収量、窒素固定能に及ぼす影響を検討した。

まず、サチユタカを晩播(7月25～27日播種)で無中耕無培土栽培した場合、収量は適

期播（7月8、9日播種）の収量に比べ劣る傾向にあったが、年次によっては晩播により適期播と同程度の収量が得られた。晩播栽培においては条間を縮小する狭畦栽培により地上部乾物重が増加する傾向が認められた。しかし、無中耕無培土栽培では倒伏が問題となった。㎡当たりのアセチレン還元能（窒素固定能）と地上部乾物重および子実収量との間に有意な正の相関関係が、同じく、窒素固定能と倒伏程度との間には有意な負の相関関係が認められた。したがって、窒素固定能を高めるには地上部生育量の確保と倒伏回避がともに重要であることが示された。

以上のことから北部九州において、7月下旬以降の晩播で省力かつ安定多収生産を図るためには、生育量を確保し窒素固定能を高める狭畦栽培を実施し、かつサチユタカ以上の耐倒伏性を持った品種を導入することが重要である。

水田転換畑における高タンパク質ダイズ安定生産技術を確立するために、播種時期と栽植密度が個体内における主茎と分枝着莢の子実タンパク質含有率に及ぼす影響について検討した。その結果、主茎および分枝着莢の子実タンパク質含有率は播種時期が遅くなるに従い、また栽植密度が高まるほど高くなる傾向が認められた。主茎着莢子実のタンパク質含有率はいずれの播種時期、栽植密度においても分枝着莢子実に比べ高かった。子実タンパク質含有率と個体当たり分枝数（以下、分枝数と記載）および登熟期間の積算温度との間にはそれぞれ負の相関関係が認められ、分枝数が少ないほど、積算温度が低いほど子実タンパク質含有率が高くなった。従って子実タンパク質含有率の向上効果は晩播の方が密植より大きく、栽植密度に比べて登熟期間の積算温度の影響が大きいことによるものと考えられた。

以上のことから子実タンパク質含有率を高めるためには主茎型になる密植栽培をする必要がある。このことは水田転換畑では高タンパク質ダイズ生産技術を確立することが可能であることを示している。ところが耐倒伏性に劣るフクユタカでは密植すると倒伏が助長され、また晩播になると生育量が不足し収量が減少するため、フクユタカを用いた高タンパク質安定生産のためには早播や疎植を避けることが必要である。一方、主茎型で耐倒伏性に優れるサチユタカでは子実タンパク質含有率がフクユタカより高く、また密植しても倒伏することなく子実タンパク質含有率の向上が期待できる。従ってサチユタカの高タンパク質安定生産のための栽培法として栽植密度を高めることに加え、播種時期を遅くすることが重要である。しかしサチユタカにおいても晩播にともない収量の低下が認められるため、今後の水田転換畑におけるダイズの高タンパク質・安定多収のためには、主茎型になる密植といった栽培法に加えて密植適応性の高い品種、晩播しても収量の低下が少ない品種の育成が重要と考えられる。

福岡県の奨励品種は中生のフクユタカのみであるため、ダイズの作付面積の増加に伴い適期播種幅や収穫適期幅が狭く、支障となっている。またフクユタカは耐倒伏性が十分でないため、コンバイン収穫効率が落ちることがある。さらに成熟期が遅いため収穫時期がコムギの播種時期と重なり、ダイズ収穫後に行われるコムギ播種は12月にずれ込むことが多い。コムギの適期播種を図るためにも、フクユタカよりも耐倒伏性が優れ、成熟期の早い早生強悍品種の普及が強く要望され、サチユタカが導入された。サチユタカはフクユタカよりタンパク質含有率が高く豆腐加工適性に優れ、今後、福岡県の主力品種の一つとして期待されている。そこで、サチユタカの播種時期および栽植密度が、生育や収量、品質

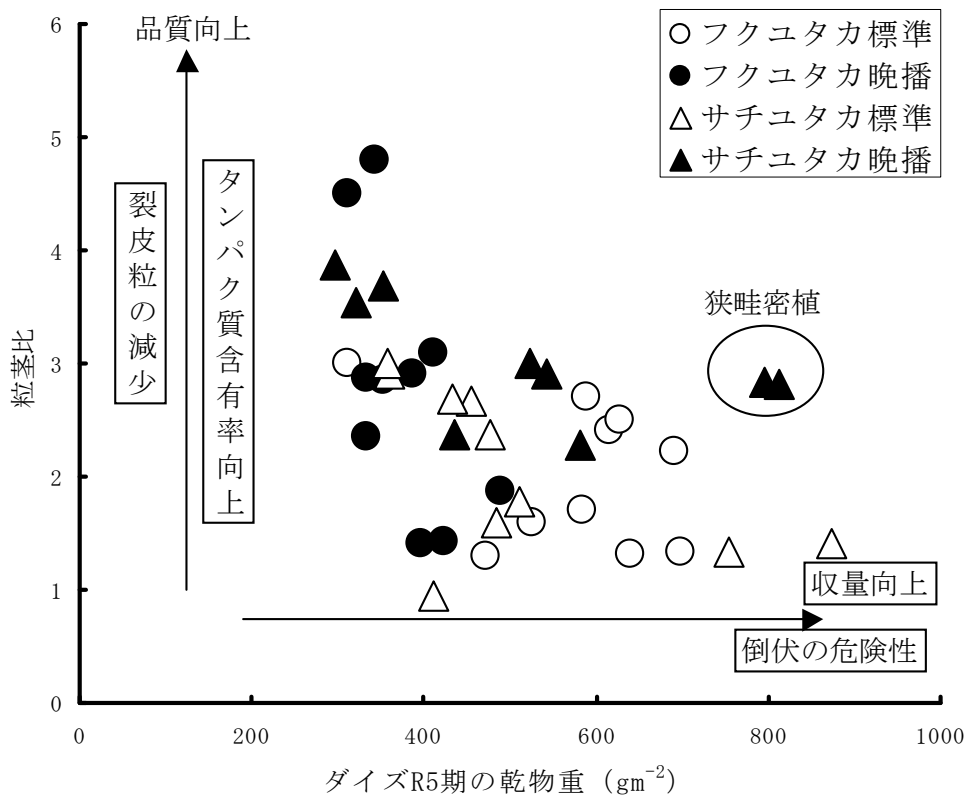
に及ぼす影響を検討し、最適な播種時期、栽植密度を明らかにした。その結果、サチユタカは6月に播種すると裂皮粒が多発生し外観品質が低下し、フクユタカと同じ栽植密度では収量はほぼ同等であるが、株間を狭め栽植密度を高くすると、倒伏することなく収量が5～21%向上し、裂皮粒の発生も減少した。従ってサチユタカの高品質安定生産のためには、7月中旬の播種で、栽植密度はフクユタカより密植とし、2粒播きでm²当たり19.0本が適当と判断された。

サチユタカは、フクユタカと同一の播種密度で栽培した場合では、成熟期後の茎水分が高く、成熟期から収穫適期までの日数がフクユタカよりも長くなったが、播種密度を高めることで茎水分が低下しやすく、収穫適期が早まると考えられた。さらにダイズの倒伏程度とコンバイン収穫ロスとの関係を明らかにした。ダイズの倒伏が中～多程度の場合、収穫ロスは実収量の約20%であり、倒伏によりコンバイン収穫ロスが増加するが、収穫ロス低減のための技術対策として、リフターキットが有効であると判断された。

貯蔵ダイズ種子を播種、栽培した場合の個体の生育と生産力を検討し、種子としての適性を調査した結果、短期(2年7カ月)および中期(7年7カ月)貯蔵種子を播種、栽培した場合の出芽期、開花期および成熟期は、当該年産種子に比べて差がなく、長期貯蔵種子(10年7カ月)では出芽期の遅延が見られた。短期貯蔵種子と中期貯蔵種子の播種後1カ月の生育が当該年産種子と同等であったが、発芽率が80%以下の長期貯蔵種子を播種、栽培した場合は主茎葉数、主茎節数および主茎長が少なく、低草高で、1株乾物重は減少した。収量構成要素、収量および検査等級においても短期および中期貯蔵種子は当該年産種子と差がなかったが、長期貯蔵種子を使用した栽培では、収量構成要素と収量が有意に劣った。以上のことから、貯蔵ダイズ種子においては発芽率が80%以上であれば短期および中期貯蔵種子の場合は種子としての適格性を具備しており実用上問題はないが、長期貯蔵種子に限っては、生育特性や生産力が劣るので種子としての取扱いに留意を要することが明らかとなった。

第8-1図にこれまで得られた知見を基にして、粒径比とダイズ地上部乾物重との関係を示した。フクユタカ、サチユタカともに晩播では適期播に比べて地上部乾物重が軽く、粒径比は高くなることが示された。粒径比が高いと裂皮粒が減少すること、さらに晩播および密植にすることで粒径比とタンパク質含有率が高くなることを第3章および第4章で明らかにした。このことから、粒径比を高めるような栽培法晩播と密植の組合せによって品質の向上が図られることがわかった。一方、粒径比が高いことは、軽い地上部乾物重をともなっていることが多く、粒茎比の向上のみでは収量の向上は期待できないと考えられる。

地上部乾物重が重くなると窒素固定能が高まり、収量が向上する。しかし、倒伏の危険性が増大し、裂皮粒の増大が懸念される。これらのことから、品質と収量の両面の向上を考えた場合、乾物重が重く、かつ粒径比が高い栽培法が求められる。



第8-1図 ダイズ地上部乾物重と粒茎比との関係.

2002～2006年のデータ. 標準および晩播の播種日はそれぞれ
7月9～10日, 7月24～27日.

播種時期, 播種密度, 栽植様式から栽培法を検討すると, 晩播狭畦栽培では粒径比が高く, しかも地上部乾物重が重くなった. よって北部九州地域におけるダイズの高品質安定栽培法として晩播狭畦栽培が適していることが示唆された. 北部九州地域の梅雨明けは例年7月20日以降であり, 梅雨明けの天候が比較的安定した時期に播種を行う晩播において, 狭畦密植栽培を行う意義は大きいと考えられる. しかしながら, 倒伏の問題があるため, 晩播狭畦栽培を確立するためのより耐倒伏性の高いダイズ品種の育成が今後の重要な課題である.

以上, 本研究によって北部九州地域におけるダイズの収量, 根粒活性, タンパク質含有率, 裂皮粒発生率と播種時期および栽植密度を主とした栽培環境条件との関係が明らかとなった. これらの知見を基にしたダイズの高品質安定栽培技術のため, 品種の育成, 選定および栽培技術上の理論的根拠が得られ, その結果, より速やかで的確な高品質ダイズ生産のための各種方策をとることが可能になったと考えられる.

Summary

Study on crop management for high and stable yield and high-quality production of Soybean (*Glycine max*, (L.) Merrill) in upland fields under paddy-upland rotation in the warm region of Japan.

UCHIKAWA Osamu

It has been an essential problem that the stable supply of domestic production soybean which is safely, because the improvement in the ratio of self-sufficiency of soybean is strongly desired at present in Japan. In this study, the relationships the effects of seeding time, sowing density and row spacing and on crop growth, nodule activity, seed yield, protein content rate, seed coat cracking were analyzed to provide a basis for establishing the high-quality stable production of the soybean in the warm region of Japan.

- 1) The relationships between soybean yield and yield attributes and meteorological conditions were statistically analyzed for the period from 1985 to 2000, in order to establish cultivation techniques that improve the yield of soybean in Northern Kyushu. Simple correlation analysis showed a significant positive correlation between the yield and 100-grain weight, grain number per m² or ripening pod number ripening per m².
- 2) A strong positive relationship was detected between the 7-day total precipitation around the flowering and the pod number under dry conditions with the precipitation being less than 130mm.
- 3) The yield, 100-grain weight and grain number per m² showed a quadratic correlation with air temperature. The optimum mean daily air temperature from flowering to grain thickening stage for 100-grain weight and grain number per m² was about 25 °C.
- 4) On high yielding factor of the 2000 annual production soybean in Fukuoka Prefecture, the analysis was carried out on the basis of harvest condition test data and meteorological phenomena for the past 14 years. The mean temperature in improvement and seed filling stage of the percentage ripening by there being the rainfall which was moderate from the pod extension in September over the seed filling stage, seemed to be the increase in 23 °C and weight of a hundred grains in moderate temperature by the fact it passes pass on high yielding factor of the 2000 annual production soybean.
- 5) From the above result, it was concluded that the optimal timing soybean seeding is around July 10th in the northern Kyushu, and the sprinkling between rows seemed to be of importance as a cultivation technique as overdrying countermeasure in the time of flowering ~ initial seed filling stage.
- 6) We analyzed the effects of planting pattern on the growth, yield and nitrogen fixation activity (NFA) of the soybean cultivar 'Sachiyutaka' for 2002-2005 to establish labor-saving cultivation techniques that improve yield of soybean using late planting and without mid-season cultivation methods in paddy-upland rotational fields.
- 7) The yields of late planted soybeans were lower than those planted in the optimum time, but in 2005

the yield of late planting higher yield than that of optimum planting.

8) The top dry matter and yield increased when 'Sachiyutaka' was planted in narrow-spaced rows, as compared to normal rows under the condition of late planting and non-intertillage cultivation techniques. At the same time, lodging was observed more frequently in the absence of intertillage.

9) The NFA per m² showed a significant positive correlation with the top dry matter and yield, and showed a significant negative correlation with the lodging. Therefore, heavy top dry matter and high lodging resistance are two important factors for enhancing NFA.

10) I conclude that it is important to plant soybean in rows of narrow spacing for increasing the top dry matter and heightening the NFA, and that it is essential to introduce a soybean cultivar with lodging resistance greater than 'Sachiyutaka' for establishing labor-saving cultivation techniques that improve the yield of soybean using late planting methods.

11) Effects of sowing time and planting density on the protein content of the seeds collected from main stems and branches were investigated to establish the cultivation technique for improving the protein content of soybean seeds grown in upland fields under paddy - upland rotation. In both main stems and branches, the protein content of the seeds was increased by late sowing and higher sowing density.

12) Seeds on the main stem also had a higher protein content than those on branches irrespective of sowing time and sowing density.

13) The average protein content of seeds was negatively and significantly correlated with the number of branches per plant and cumulative temperature during the seed filling period.

14) In addition, the protein content of the seeds was more affected by sowing time than sowing density in both main stem and branches.

15) The late sowing time combined with high planting density cultivation that make plants to be the main stem type was necessary to raise the seeds protein content of the soybean.

16) To establish the cultivation techniques that prevent the occurrence of seed-coat cracking (SCC) in the soybean cultivar 'Sachiyutaka', we investigated the occurrence of SCC with as affected by seeding time and planting density. The occurrence of SCC tended to increase as the sowing time was advanced; it was increased by sowing in June and decreased by sowing later than July 10.

17) The occurrence of SCC was decreased as the planting density increased. However, in late sowing on July 24, no significant difference in the occurrence of SCC was observed between the sparse and the dense plantings.

18) The occurrence of SCC negatively correlated with grain number per m² and seed-stem ratio, but was not correlated with 100-grain weight and yield.

19) We recommend to delay the sowing time and increase planting density to increase the seed-stem ratio and to keep a sufficient number of grains per m² as a measure to prevent the occurrence of SCC in 'Sachiyutaka'.

20) The effect of seeding time and planting density on the performance of soybean cv. 'Sachiyutaka' were examined in terms of growth, yield and quality of so as to clarify the optimal seeding time and proper planting density. The SCC developed, when 'Sachiyutaka' was seeded in June, and the appearance quality of the seed was deteriorated.

21) When the planting density was made equal to that of 'Fukuyutaka', the yield was similar

equivalent, However, when the planting density was increased by decreasing the intra-row spacing the yield point improved by 5 to 21% without lodging. This also resulted in fewer occurrence of SCC.

22) The above findings show that for high-quality and stable production of cv.'Sachiyutaka', early sowing in June should be avoided; sowing in the middle of July is recommended. Also, it is suggested that 'Sachiyutaka' be sown more densely than cv.'Fukuyutaka' and that a rate of 19.0 per m² was adequate, two seeds, at a time.

23) The decline in stem moisture occurred later in cv. 'Sachiyutaka', after seed filling, and the time when the combine harved can be started was delayed after seed maturity.

However, if planted density, the stems tended to get thinner with an accelerated drop in stem moisture after seed maturity, resulting in earlier harvestable time.

24) The harvesting loss was about 20% of the recovery quantity, when the lodging of the soybean was multidegree, and it became clear that the combine harvesting loss increased by the lodging.

25) It was judged that the lifter kit was effective as a technology countermeasure for harvesting seeds with reduced loss, when the soybean lodged.

26) The growth characters and productivity of the soybean plants that developed from seeds stored for various periods at 5 °C and 40% relative humidity, but having 80% or higher germinability were examined in comparison with those of newly harvested seeds (new seeds). The seedlings at one month after sowing from the very old seeds (stored for 10 years and 7 months) showed morphological characters significantly different from those from the new seeds, but not those from the moderately old seeds (stored for 2 years and 7 months) or the old seeds (stored for 7 years and 7 months).

27) In the plants from the old seeds, the mean emergence date, flowering date, maturing dates, length of the main stem, yield components, seed yield, and inspection-grade or protein content of seed were not significantly different from those in the plants from the new seeds. On the other hand, in the plants from the very old seeds, the mean emergence date, length of main stem, yield components and seed yield were significantly different from those in the plants from the new seeds.

28) We concluded that the seeds of soybean stored for 2 years and 7 months, or 7 years and 7 months having a germinability of higher than 80% are practically useful, and showed normal growth characters and productivity. However, it should be noted that the seed storage for 10 years had inferior grain yield.