

Effect of drip irrigation on the yield of soybean (*Glycine max*) in a heavy clayey upland field converted from rice paddy in the Hokuriku Region of Japan

Tatsuo Hosono *¹, Katsuyuki Katayama *², Mikio Nomura *³, Satoshi Ohno *¹,
Norikazu Nakayama *¹ and Hisashi Hosokawa *⁴

Summary

We studied the yield response of soybean to the drip irrigation, in a heavy clayey upland field converted from rice paddy neighboring to paddy fields in Hokuriku Research Center for three years (2008-2010). We also estimated soil moisture in plow layer using modified tank model. Further, we conducted the deficit irrigation experiments using potted soybean in a greenhouse to verify the linear relationship between soybean yield and cumulative transpiration during the growing period. We tried to evaluate the risk of yield decrease by drought in soybean cultivated in heavy clayey upland field in Hokuriku region, based on the results of these experiments.

The results are summarized as follows:

1) In the field experiment in which drip irrigation was applied after flowering so that the soil in plow layer was estimated to retain more than 25% of total available water, there was least need of irrigation and total amount of irrigation water during entire

growing period was about 15 mm or less in each year of 2008 and 2009. On the other hand, in 2010 with higher temperature and less precipitation in summer, irrigation was often applied and 191 mm of water was irrigated in total.

2) Soybean yield did not increase with irrigation in the three years including 2010. Though LAI (Leaf Area Index) became larger and transpiration was stimulated by irrigation in 2010, the soybean with no irrigation did not suffer apparent water stress.

3) The modified tank model to estimate soil water in plow layer well represented observed data.

4) In the pot experiment, in which transpiration was limited by regulating water supply, linear relationship between grain yield of soybean and cumulative transpiration was observed.

These results suggest that severe drought stress would not occur in soybean cultivation in heavy clayey upland field in this region and the increase of soybean yield by irrigation may be limited.

*1 NARO Agricultural Research Center Lowland Farming Division

*2 Present address: NARO Tohoku Agricultural Research Center

*3 Present address: Toyama Prefectural Agricultural, Forestry & Fisheries Research Center

*4 Present address: NARO Agricultural Research Center Farm Mechanization Division

る。本研究で検討したタンクモデルにより耕うん層の土壤水分はある程度推定可能であることが確認できた。また、ポット試験によって、蒸散が抑制されれば子実重の減少に結びつくことも確認できた。しかし、前述の通り、圃場においては耕うん層の有効水分が枯渇しただけでは蒸散抑制や収量減が生じないことが強く示唆されたことから、今後は重粘土圃場における鋤床下層の土壤水分を推定するモデルの開発が必要である。

井上 (1997) は、福井県の重粘土転換畑において、高温乾燥年であった1994年と1995年に、ダイズの栽培試験を実施したところ、「エンレイ」でも、地下灌漑によって無灌漑に比べて10%程度の増収効果と品質向上が認められ、その要因はLAIの増加によると推察している。本研究においても、記録的な高温乾燥年であった2010年では灌漑により無灌漑に比べて茎葉が繁茂してLAIが増加する傾向が見られた。また、赤外線放射温度計により測定した群落表面温度も灌漑区でやや低い傾向が認められ (図12) 蒸散量も灌漑により増加していたものと推察される。本研究ではそれらが増収に結びつかなかった理由の一つとして、前述の倒伏、病害による可能性が考えられる。一般的に、狭畦栽培においては耐倒伏性の高い品種が求められるが、「エンレイ」は耐倒伏性が不高いため灌漑による地上部重の増加が倒伏を助長したものと推察される。井上 (1997) は、丸葉品種である「エンレイ」よりも、長葉品種の「タチナガハ」で灌漑による高い増収効果を得ている。灌漑効果を発揮させるための条件の解明、灌漑効果の高い品種の探索なども今後の課題と考えられる。

加えて、本研究で用いた点滴灌漑がダイズ増収のために最適な灌漑方式ではないという可能性も想像される。点滴灌漑による湿潤域は点滴位置近傍に限られるため根域が制限される。したがって、局所施肥などによって養分を根域に集中させない限り養分吸収効率性は悪い。また、根粒による窒素固定に適した水分条件となる範囲も限定されてしまう。すな

わち、点滴灌漑では、ダイズの水分吸収・蒸散は促進されたものの、養分吸収量や根粒による窒素固定は効果的に高められなかったことが想像される。散水チューブなどを用いた散水灌漑 (例えば、高橋, 1995) は、より均一な土壤水分の分布が得られるので、重粘土転換畑のダイズ栽培でも効果的な灌漑方法である可能性が推察されるが、排水性の悪い圃場におけるダイズ栽培で、散水灌漑であるスプリンクラー灌漑は畝間灌漑と効果に差異がなかったという報告もある (Walker et al., 1982)。また、散水灌漑は点滴灌漑同様コストと労力がかかるため、現在のところ我が国のダイズの灌漑法としては実用的ではない。

Walker et al. (1982) はまた、排水不良圃場では灌漑よりも排水改善による増収効果が高いことを示している。北陸地域の重粘土転換畑でも、排水性の良好な圃場で収量が高いこと (古畑ら, 2011a) や、排水性の改善によって増収する可能性 (古畑ら, 2011b) が示されている。近年、基盤整備事業で導入が進みつつある地下水位制御システム (藤森, 2007) は、排水性を改善するとともに地下灌漑機能を有するため重粘土転換畑でのダイズ作でも効果が期待される (島田, 2011; Shimada et al., 2012)。

以上のように、灌漑方式や品種について検討の余地はあるものの、本研究の結果を総合的に判断すると、排水性の悪い重粘土圃場でのダイズ栽培では、高温かんばつ年でも土壤乾燥による水ストレスは生じにくく、灌漑による増収効果は限定的であるという可能性は高いと結論づけられる。実際の栽培現場においても、土壤や立地条件が今回の試験圃場と同様で、灌漑による増収効果が判然としない、換言すれば、灌漑が必須ではない圃場も少なくないと思われる。しかし、今回得られた結果をより確実なものとして一般化するためには、ダイズ栽培期間中の圃場の下層土の土壤水分や地下水位のモニタリング、根系調査による根域の把握とそれらのシミュレーションモデルによる検討も必要であろう。

IV. 摘要

重粘土転換畑でのオオムギ跡ダイズ作を対象に、土壤乾燥ストレスによる減収のリスクがどの程度あるのか、また、灌漑によって水ストレスや減収を回

避できるか、について明らかにすることを目的に、北陸研究センター (新潟県上越市) 内の水田と隣接する重粘土転換畑圃場において、3ヶ年にわたって

点滴灌漑を行うダイズ栽培試験を実施し、灌漑区と無灌漑区のダイズ収量を比較した。また、水分ストレスによる減収リスクを推定するため、耕うん層の土壤水分を推定するモデルについて検討するとともに、雨よけハウスでのポット栽培ダイズを用いた灌水制御試験により蒸散量と収量の関係を調べた。結果は以下のように要約される。

1) 開花期以降に、耕うん層の容易有効水分（植物がストレスなく吸水できる水分）を枯渇させないという基準に基づいて灌漑を行った圃場試験では、2008年と2009年の2ヶ年については、灌漑の回数は少なく、総灌漑量も15 mm以下とわずかであった。一方、高温・乾燥年の2010年は、耕うん層の水分量が大きく低下したため、灌漑区では頻りに灌漑が行われた結果、総灌漑量は191 mmであった。

2) 2010年の圃場試験においては、灌漑によりLAIの増加や蒸散が促進される傾向が見られたものの、無灌漑でも顕著な水ストレスは認められなかった。ダイズ収量は、2010年を含め、3ヶ年とも灌漑による増収は認められなかった。

3) 土壤水分推定モデル（タンクモデル）により、耕うん層の土壤水分の増減をよく表すことができた。

4) 灌水を制限し、強制的に蒸散抑制をするポット試験において、子実重の減少率は生育期間中の灌水量（≒蒸散量）の減少率とよく一致した。

以上の結果、水田と隣接する排水性が悪い重粘土圃場でのダイズ栽培では、高温かんばつ年でも土壤乾燥による水ストレスは生じにくく、灌漑による増収効果は限定的であると考えられた。

引用文献

1. 足立一日出・細川寿・吉田修一郎・伊藤公一・松崎守夫・高木強治（2005）転換畑圃場における灌漑技術。ファーミングシステム研究, 7, 31-38.
2. 足立一日出・吉田修一郎・高木強治・伊藤公一（1998）重粘土汎用圃場における粗間隙量の変化と暗渠流出水量。農土論集, 198, 169-174.
3. Ahmed, S. U., Senge, M., Ito, K. and Adomako, J. T. (2009) Evaluation of the potentialities of different soil types to yield response of soybean under deficit irrigation. 土壌の物理性, 113, 13-19.
4. 浅生秀孝・松下真一（1988）転換畑ダイズにおける畦間かん水の効果。北陸作物学会報, 23, 83-85.
5. 有原文二（2000）ダイズ安定多収の革新技術-新しい生育のとりえ方と栽培の基本。農文協, 東京.
6. 藤森新作（2007）転換作物の安定多収をめざす地下水調節システム。農業および園芸, 82, 570-576.
7. 福井重郎・伊藤隆二（1951）生育の各期における土壤水分の不足がダイズの生育並に収量に及ぼす影響について。日作紀, 20, 45-48.
8. 古畑昌巳・足立一日出・大野智史（2011a）圃場排水性の良否が北陸地域のダイズの乾物と子実生産に及ぼす影響。日作紀, 80, 65-72.
9. 古畑昌巳・足立一日出・大野智史（2011b）北陸地域の排水不良転換畑における排水改善処理がダイズの乾物と子実生産に及ぼす影響。日作紀, 80, 103-109.
10. 飛田有支・平沢正・石原邦（1995）低土壤水分条件におけるダイズの乾物生産と根系発達の品種間の相違。日作紀, 64, 573-580.
11. Hiler, E. A., Howell, T. A., Lewis, R. B. and Boos, R. P. (1974) Irrigation timing by the stress day index method. *Transact. ASAE*, 17, 393-398.
12. 細川寿・足立一日出・松崎守夫・伊藤公一（2005）砕土性を向上させる耕うん同時畝立て作業技術の開発。ファーミングシステム研究, 7, 46-53.
13. 細川寿（2011）ダイズの新たな耕うん・播種技術。農林水産技術研究ジャーナル, 34, 40-46.
14. 井上健一（1997）大豆の物質生産および収量・品質に及ぼす灌水の効果。北陸作物学会報, 32, 85-87.
15. 片山勝之・大野智史・細野達夫・細川寿・野村幹雄（2012）狭畝密植栽培によるオオムギ跡ダ