

## Suitability of Welsh onion and broccoli cultivation in a heavy clay field equipped with a subirrigation and drainage system

Tatsuo Hosono <sup>\*1</sup>, Jun-ichi Ikeda <sup>\*1</sup>, Satoshi Ohno <sup>\*1</sup>, Katsuhiko Suzuki <sup>\*1</sup>, Takeshi Tanimoto <sup>\*2</sup>,  
Katsuyuki Katayama <sup>\*3</sup>, Tetsuo Sekiguchi <sup>\*4</sup> and Masahiro Seki <sup>\*1</sup>

### Summary

Incorporating vegetable cropping into a lowland crop rotation system (i.e., rotation of irrigated rice and upland crops) could be economically beneficial for farmers. However, upland crops grown in the heavy clay paddy fields typical of the Hokuriku region of Japan would suffer soil moisture stress due to both too much and too little water. The Farm-Oriented Enhancing Aquatic System (FOEAS) is a new subirrigation and subdrainage system designed to improve the suitability of converted fields for upland crops by preventing extremes of soil water. We grew Welsh onion (*Allium fistulosum* L.) and broccoli (*Brassica oleracea* L. Italica Group) in a heavy clay converted field equipped with FOEAS at the Hokuriku Research Center, and monitored crop growth, soil water content, and water table depth in 2011 and 2012 (one cultivation period for each crop per year). In one treatment plot, subirrigation was used to maintain the water table at 30 to 40 cm below the soil surface (subirrigation, SI plot). In the other, the water table depth was not controlled (no irrigation, NI plot). Each plot was divided into two fertilizer application subplots in 2011. The conventional application subplot received a basal application of fertilizer (N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O = 5.2:5.2:5.2 g m<sup>-2</sup> for Welsh onion and 22.6:21.0:20.6 g m<sup>-2</sup> for broccoli) which were mixed in the whole plow layer through plowing process (the depth of plowed layer was about 20 cm) before planting and followup topdressings (N:

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O = 9.0:8.7:7.5 g m<sup>-2</sup> for Welsh onion and 7.2:0.0:7.2 g m<sup>-2</sup> for broccoli). The band application subplot received only a basal application of fertilizer (N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O = 11.4:11.1:10.2 g m<sup>-2</sup> for Welsh onion and 23.8:16.8:22.2 g m<sup>-2</sup> for broccoli) including controlled-release urea in a subsurface band 10 cm deep along the seedling row after plowing and before planting. In addition, we tested the effect of postplanting subirrigation on the rooting and growth of broccoli in summer in 2012.

The results are summarized as follows:

- 1) The water table depth could not be maintained by the subirrigation supply at the set value in the SI plot throughout the growing period, probably because of the low permeability of the soil and the slow capillary rise. Nevertheless, soil moisture in the root zone did not fall below -100 kPa in either plot, and both crops grew generally well except for following cases.
- 2) Deterioration of the subdrainage performance occurred in the SI plot during growing period of broccoli in 2011, probably due to trying to keep relatively high water table depth (-30 cm) under the situation of higher frequency of precipitation. As a result, soil moisture in the root zone frequently rose too high (>-1 kPa) and the growth of broccoli was inferior in the SI plot compared to the NI plot.
- 3) Subirrigation immediately after planting of broccoli in summer in 2012 raised the water table depth

\*1 NARO Agricultural Research Center Lowland Farming Division

\*2 Present address: National Institute for Rural Engineering

\*3 Present address: NARO Tohoku Agricultural Research Center

\*4 Present address: NARO Agricultural Research Center Soil Science and Plant Nutrition Division

temporarily to near the surface and provided adequate soil water in the SI plot, enabling good rooting and better initial growth than in the NI plot. Crop growth was more advanced and the total harvestable yield was higher in the SI plot. Although sprinkling irrigation via a perforated tube after planting in the NI plot also enabled good rooting, the water quantity was too small to raise the soil water content sufficiently for good initial growth comparative to SI plot.

- 4) The growth of Welsh onion and broccoli in the band application subplot was at least as good as that in the conventional application subplot, even though the band application subplot received only 80% of the fertilizer applied to the conventional

subplot.

Thus, this study demonstrated that Welsh onion and broccoli grew generally well in a heavy clay converted field equipped with FOEAS. The expansion of Welsh onion cultivation in such fields would need the development of farm machinery adapted to the heavy soils. Although yield increases by continuous subirrigation might be limited, our result suggests that postplanting subirrigation could lead to good growth and yield of broccoli. Broccoli cultivation in heavy clay converted fields could become increasingly practicable because costs and labor for postplanting irrigation could be saved by using FOEAS subirrigation.

場では畑転換が暗渠上のみ殻の腐敗に及ぼす影響は小さいという報告もあり（吉田ら，2005），重粘土圃場での地下水位制御による疎水材のみ殻の延命効果についてはさらに検討が必要であろう。

以上の結果と考察から，重粘土FOEAS圃場での野菜栽培において，定植後など一時的な灌漑機能利用時以外のFOEASの管理方法について提案すると，地下水位制御時の設定水位は，もみ殻の分解抑制効果の可能性を考慮して最低制御水位，すなわち田面から-30 cm（畝面から約-40 cm）付近に設定し，そして，梅雨期など地下水位が設定水位より高まりやすい状況においては，設定水位を最低制御水位以下に下げる，あるいは水閘を開放，すなわち制御器の内筒を外して排水を促進するのがよいと考えられる。例えば，北陸地域の平年的な降雨条件の場合，5月から梅雨入りまでの期間，および梅雨明け後から秋雨までの期間は地下水位制御を行い，それ以外の期間は給水機能を利用せず暗渠開放とするような管理が考えられる。

施肥法に関しては，ネギ，ブロッコリーともに局所一発施肥の有効性が確認された。本研究の局所一発施肥では，肥料は定植時畝面から深さ10 cmの株直下の位置に施用した。一般に，肥効を高めるためには，根の多く分布する場所への施肥が有効と考えられる。根の分布を調べると，水位制御の有無や施肥法に関わらず，茎基部から深さ10 cm（すなわち，定植時畝面から深さ10 cm）までの層に最も多く分布していた。また，窒素吸収量にも水位制御や施肥法の影響が見られなかった。したがって，施肥位置は茎基部下0～10 cmの層とし，水位に応じて施肥位置を変える必要はないものと考えられる。

## 2) 一時的な給水機能の利用

一般に，耕うん後，降雨がなければ土壌の表層は急激に乾燥し，重粘土圃場においては下層からの水分供給も望めないため，播種や定植の直後には灌漑が必要な状況が生じうる（足立ら，2005）。本研究

では，地下灌漑のみで圃場全体へ迅速に水が供給され，畝表層の土壌水分を高めることができ，乾燥時の定植でも，ブロッコリー苗の良好な活着と初期生育が得られることが確認できた。ただし，局所施肥を行った場合に，一部で塩ストレスによる苗の枯死が生じたことから，施肥位置と塩ストレスとの関係の詳細な解明や，適切な施肥・定植作業法のさらなる検討が必要である。

高圧のパイプラインが整備されている場合には，地下給水配管から散水チューブに接続することによる散水灌漑等も可能である。低圧のパイプラインの場合には，散水チューブを利用するためには何らかの方法で加圧する必要がある。しかし，散水装置の設備費に加えて，大面積になれば，装置の設置，移動・回収の労力なども大きくなるため，FOEASの地下灌漑機能を利用する方が有利と考えられる。

## 3) ネギ・ブロッコリーの適応性

以上のように，重粘土FOEAS圃場においても，適切な管理によってネギ，ブロッコリーに好適な土壌水分環境を維持できれば問題なく生育すると考えられるが，土地利用型の露地野菜の場合，実用的には機械作業適性も重要となる。本研究の春定植のネギでは，簡易定植機（ひっぱりくん）による定植作業はできなかった。また，根深ネギに必要な土寄せも管理機による作業は困難であった。重粘土圃場であっても，土壌の水分状態によっては定植および土寄せの機械作業が可能な状況もあると考えられるが，融雪後間もない時期の定植や梅雨期間の土寄せ作業が必要となる春定植作型の根深ネギの導入は難しいものと判断される。一方，ブロッコリーは，現在でも，秋どり作型や初夏どり作型の機械化栽培が北陸地域の水田転換畑へ一定程度普及している。FOEASの導入により，排水性の向上に加えて，定植直後等の灌漑に，散水灌漑と比べて省力的な地下灌漑が利用できるため，ブロッコリーの適応性はさらに高くなるものと考えられる。

## IV. 摘要

重粘土FOEAS圃場への葉茎菜類の適応性を評価するため，夏どりネギ（短葉性根深ネギ）と秋どりブロッコリーの栽培試験を行い，以下の結果を得た。

1. 本研究では，地下水位制御を行わない開放区においても根域の土壌水分不足をきたすことは無く，継続的な地下水位制御の有無によるネギ，

ブロッコリーの生育・収量の差異は概ね小さかった。

2. ただし、多雨条件となった2011年の秋どりブロッコリー栽培期間中には、制御区で排水機能の低下が生じ、畝内の土壌が極端な過湿条件となり生育が抑制された。
3. また、2012年夏季の土壌乾燥時のブロッコリー定植直後、制御区では地下灌漑により圃場全体の地下水位および根域の土壌水分を高めることができ、苗の良好な活着と初期生育が得られ、結果的に定植直後の散水灌漑量が不十分となった開放区と比較して収穫期が早まり増収した。
4. 根量(乾物重)が最も多く分布したのは、施肥法に関わらず、株直下、定植時畝面から深さ10 cmの層であった。この層に近い、株直下深さ10 cmの位置に、NPKを慣行比20%削減し

た肥料を全量基肥施用した局所一発施肥(条施肥)で、慣行の全層施肥・追肥体系以上の良好な生育・収量が得られた。

以上のように、ネギ、ブロッコリーとも重粘土FOEAS圃場で概ね良好に生育することが示された。ただし、重粘土圃場への根深ネギの導入は、定植および土寄せにおける機械作業の問題により制約を受けると考えられた。また、継続的な地下水位制御による増収効果は限定的ではあるものの、FOEASの地下灌漑機能は定植後の良好な活着と初期生育をはかるために有用である可能性が示された。ブロッコリーは、現在でも北陸地域の水田転換畑での機械化栽培が普及しているが、地下灌漑機能をもつFOEASの導入により、定植時に必須となる灌漑作業を省力化できるので、適応性はさらに高まると考えられた。

## 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. Allred, B. J., Brown, L. C., Fausey, N. R., Cooper, R. L., Clevenger, W. B., Prill, G. L., La Barge, G. A., Thornton, C., Riethman, D. T., Chester, P. W. and Czartoski, B. J. (2003) Water table management to enhance crop yields in a wetland reservoir subirrigation system. *Applied Eng. in Agric.* 19, 407-421.
3. 千田智幸・岩佐郁夫・冠秀昭・千葉克己(2008) 輪換田における疎水材にもみ殻を使用した暗渠の排水機能の維持について. 宮城古川農試報, 7, 53-60.
4. Fitter A. H. and Hay R. K. M. (1981) *Environmental Physiology of Plants*. Academic Press, London (太田安定ら, 共訳(1985) 第7章 1.2 滞水土壤での生育と生存を有利にしている植物の適応. 植物の環境と生理, 学会出版センター, 東京, p.261-271)
5. 藤森新作(2007) 転換作物の安定多収をめざす地下水位調節システム. 農業および園芸, 82, 570-576.
6. 長谷川周一(1986) 転換畑土壌中の水分移動. 土壌の物理性, 53, 31-38.
7. 細川寿・足立一日出・松崎守夫・伊藤公一(2005) 碎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.
8. 細川寿(2012) 畝立て同時作業の技術追加による高機能・省力作業技術の開発. ファーミングシステム研究, 11, 20-28.
9. 細野達夫・片山勝之・野村幹雄・大野智史・中山則和・細川寿(2014) 北陸地域の重粘土転換畑でのダイズ収量に及ぼす点滴灌漑の効果. 中央農研研報, 21, 1-23.
10. 片山勝之・細川寿・細野達夫・野村幹雄(2011) 耕うん同時畝立てマルチ作業機による秋どりブロッコリーの減肥栽培. 農研機構成果情報(2010年度), URL(2014年現在): <http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/narc/2010/narc10-19.html>
11. 北田幹夫(2007) やわらかくておいしい短葉性ネギ: 富山の「ねぎたん」. 農林水産技術研究ジャーナル, 30(1), 17-18.
12. 中野有加・東野裕広・村岡賢一・中西一泰・柳井洋介・岡田邦彦(2014) 地下水位制御システ