

FOEAS を活用した野菜作の水管理



FOEAS 圃場のネギ

(2017年7月、100mmを超える大雨の翌日、新潟県新潟市現地圃場、農研機構実施)

農林水産省委託プロジェクト研究

「水田の潜在能力発揮等による農地周年有効活用技術の開発 -
土壌養水分制御技術を活用した水田高度化技術の開発 - 」

農研機構連携・実用化推進費

研究成果

目次

目次	i
はじめに	ii
免責事項	iii
謝辞	iii
1. 地下水位制御システム F O E A S の概要	1
2. 灌漑のポイント	3
3. 野菜栽培における水管理	4
4. 水管理判断の指標	10
参考文献	14
担当窓口、連絡先	14

はじめに

主食用米の需要が毎年減少傾向にあるなか、水田農業の高収益化を推進し、農業・農村の活性化や担い手の確保を図っていくことが急務です。水田農業の高収益化を図るためには、野菜などの園芸作物の導入が推奨されます。そこで、水田汎用化の方法として普及が進んでいる、地下水位制御システム FOEAS の活用が求められます（2020年9月末現在 13,816 ha 導入（施工済みおよび採択予定を含む））。

このような背景のもと、本資料は、農林水産省委託プロジェクト「水田の潜在能力發揮等による農地周年有効活用技術の開発 - 土壌養水分制御技術を活用した水田高度化技術の開発 -」（2010～2012年度）および農研機構連携・実用化推進費（2016～2017年度）により実施した研究の成果をまとめたものです。

水田での野菜栽培は、水稲など主穀作に比べて作業時間が多く、省力化と軽労化が課題です。一方、水田で田畑輪換を行うことにより、連作障害の回避や土壌の化学性改善が可能で、野菜の生産安定に役立ちます。本資料が、水田への野菜の導入において、生産性および収益性の向上に資することを期待します。

免責事項

本資料は発行日の時点の情報に基づいて作成しています。適宜、修正をするようにしていますが、資料とは別に最新の情報をご確認ください。

農研機構は、本資料に掲載された情報をご利用になったことにより損害が生じても一切の責任を負いません。

本資料に記載されている図表は、農林水産省委託プロジェクト研究「水田の潜在能力発揮等による農地周年有効活用技術の開発 - 土壌養水分制御技術を活用した水田高度化技術の開発 -」において得られた成果を取りまとめた、農研機構「水田輪作における地下水位制御システム活用マニュアル（増補改訂版）」の一部を引用し、加筆修正されたものです。

本冊子の内容・図版等の無断での複製・転載は禁じます。引用される場合は、農研機構野菜花き研究部門にお問い合わせください。

謝辞

本資料は、FOEAS を施工した水田転換畑における野菜作の実証研究の成果であり、生産法人の協力なしには得られないものです。有限会社ながさお農産（茨城県稲敷郡河内町）および有限会社鏡潟（新潟県新潟市西蒲区）、JA 全農つくば分室はじめ JA 全農関係者の方々に多大なご協力をいただきました。ここに心から感謝の意を表します。

1. 地下水位制御システム F O E A S の概要

1) F O E A S の構造

FOEAS は、深さ約 60cm に水平に埋められた地下パイプ（幹線および支線パイプ、標準間隔 10m）、用排水ボックス、フロートの付いた給水器（水位管理者）、排水の高さを変えられる二重構造の塩ビ管（水位制御器）から構成されています（図 1、2）。さらに、暗渠管と直交方向に、深さ 40cm の弾丸暗渠（補助孔）が 1m 間隔で設置され、籾殻などが充填されます（図 3）。弾丸暗渠は、①地下灌漑時にパイプから供給された水をは場全体に行き渡らせる役割、②作土層内の余剰水をパイプに速やかに送り出す役割を果たします。

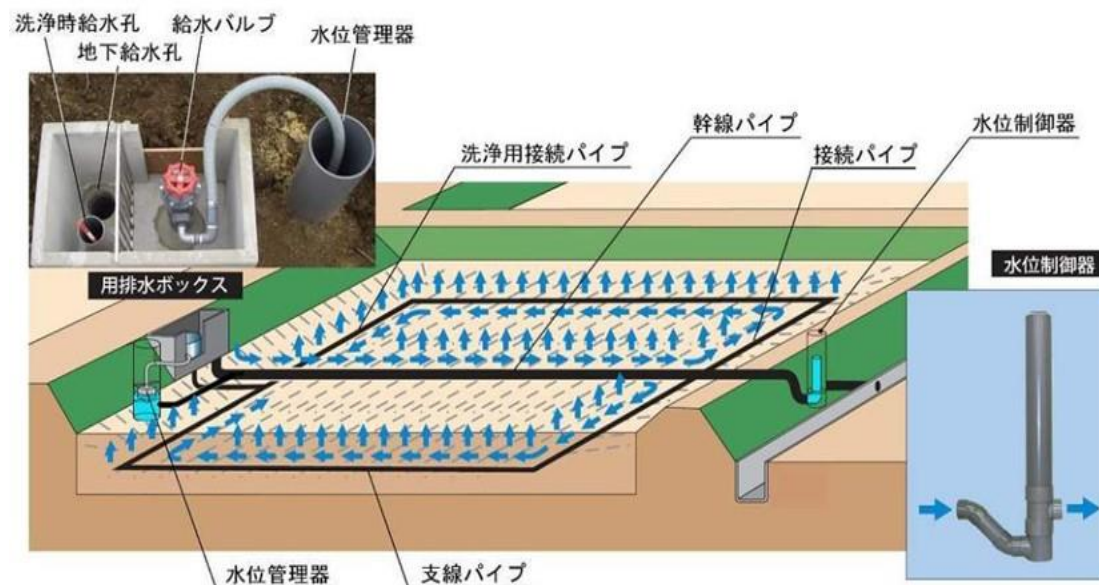


図 1 FOEAS の概要（文献 1 より引用）

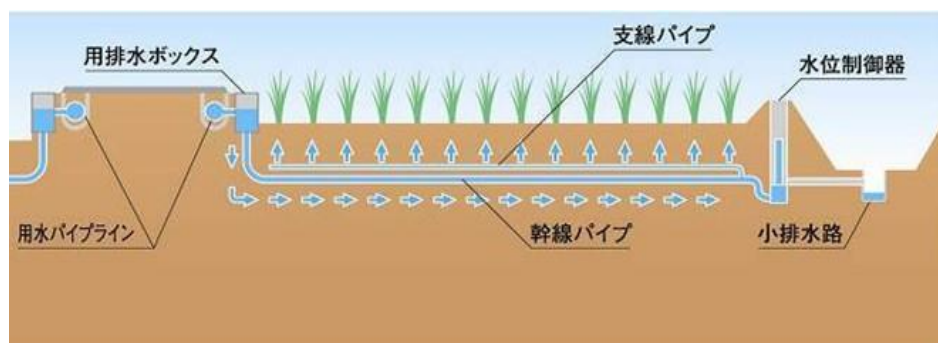


図 2 地下灌漑の仕組み（文献 1 より引用）

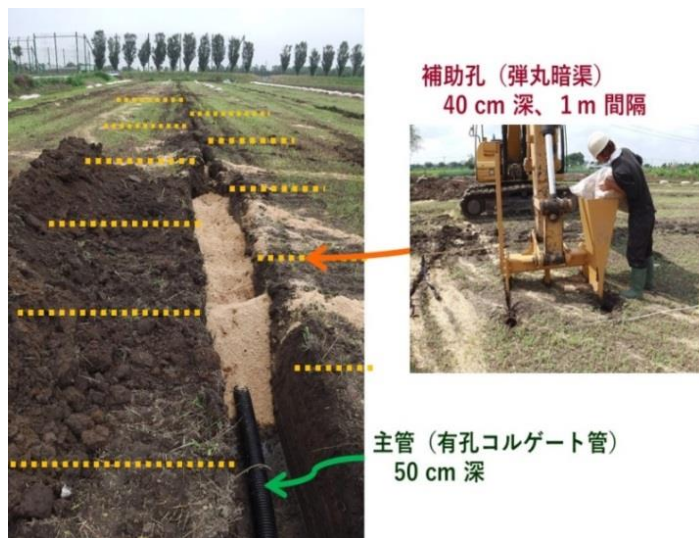


図3 暗渠埋設、補助孔施工の様子
(2013年、茨城県稲敷郡河内町現地圃場、農研機構実施)

2) FOEASの機能

FOEASには、排水と灌漑の2つの機能があります。いずれも、地下の暗渠管と補助孔を介した水の動きです。

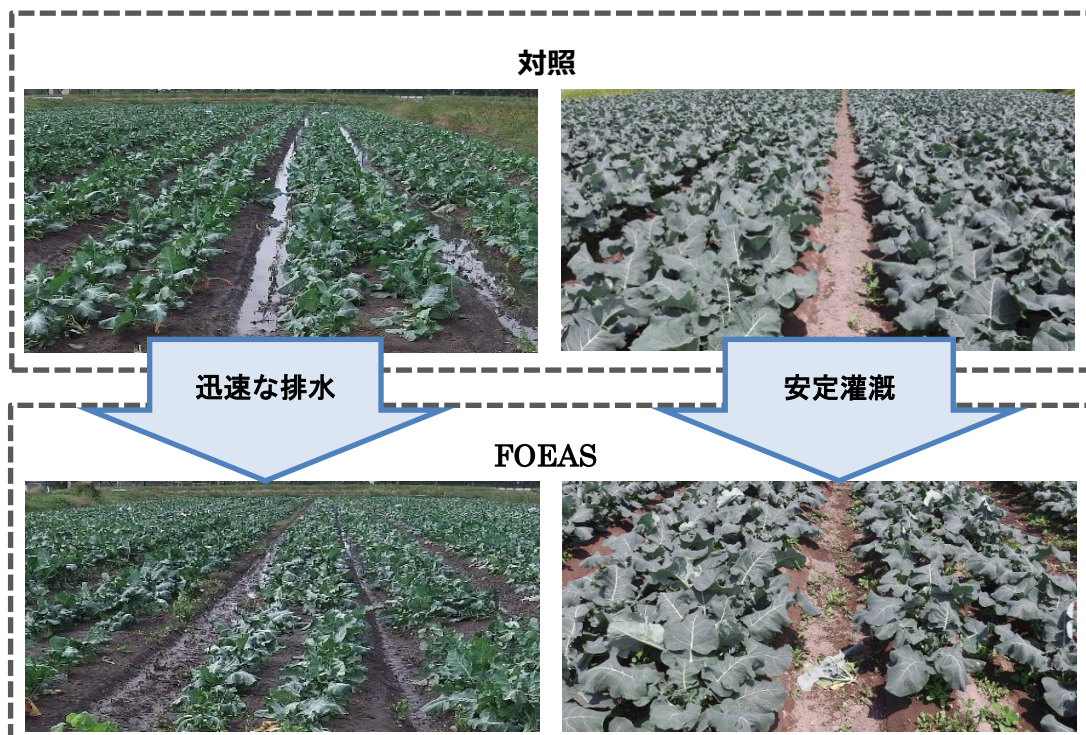


図4 FOEASによる排水と灌漑
台風の翌日(左)、灌漑後のブロッコリー圃場(右)
(2013年、茨城県稲敷郡河内町現地圃場、農研機構実施)

FOEAS を施工した圃場では、台風により大雨の降った翌日に、迅速な排水により地表水は残っていませんでした（図4）。一方、地下灌漑は、畝間の土が黒く湿る程度までとします。地表を濡らさず、作物の根域に必要な分量の水を供給することができます。

2. 灌漑のポイント

1) タイミング

必要な時に灌漑します。干ばつの恐れがある時、盛夏の定植時などです（図5、6）。

判断の目安は 10～11 ページを参照



図5 大雨後の少雨によるネギの干ばつ
（2016年、新潟県新潟市現地圃場、
農研機構実施）



図6 葉茎菜類のセル成型苗の定植時
（2013年、茨城県稲敷郡河内町現地圃場、
農研機構実施）

2) 灌漑量の目安

適切な流速で1～2日くらいかけて灌漑します。FOEASの灌漑は、地表面で見えるほど続けてはやりすぎです。圃場内の明渠や観察孔で確認します（図7）。

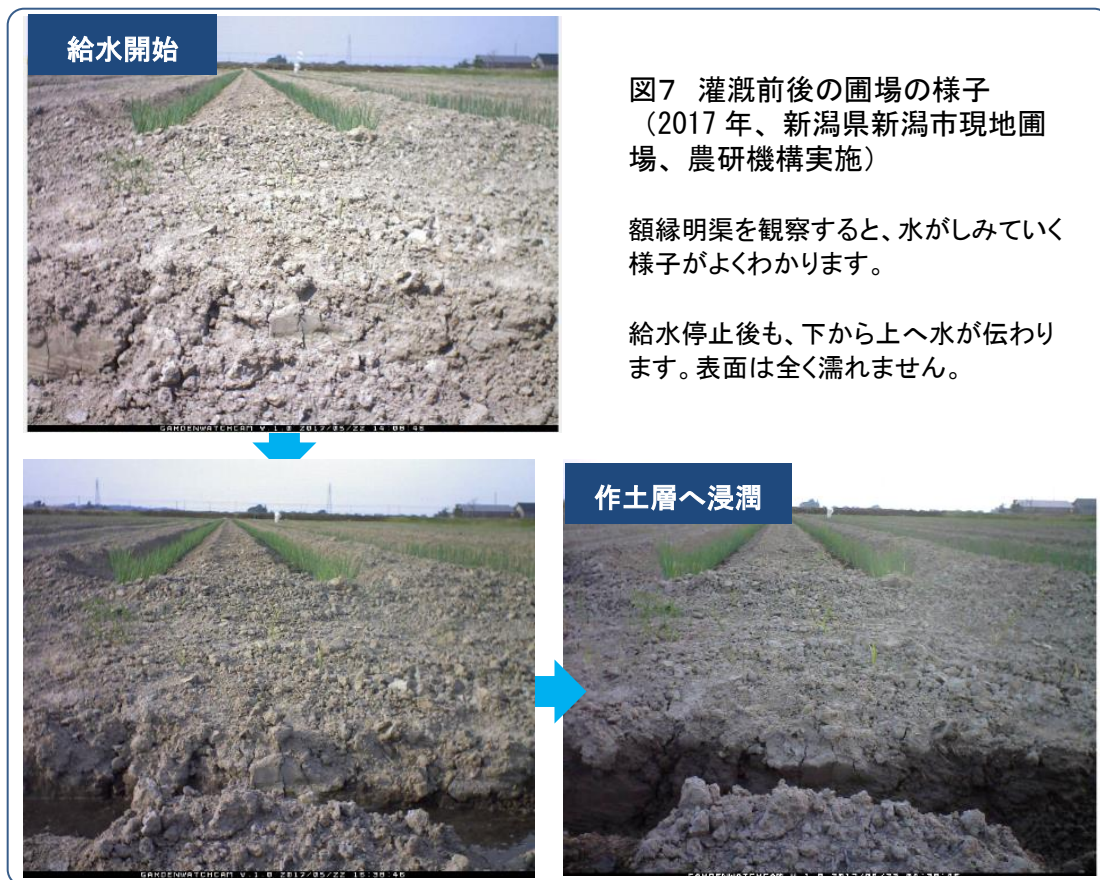


図7 灌漑前後の圃場の様子
(2017年、新潟県新潟市現地圃場、農研機構実施)

額縁明渠を観察すると、水がしみていく様子がよくわかります。

給水停止後も、下から上へ水が伝わります。表面は全く濡れません。

3. 野菜栽培における水管理

1) 根の分布と地下灌漑

野菜は、他の畑作物に比べて根系が浅いものが多いので、乾燥に弱いです(図8)。

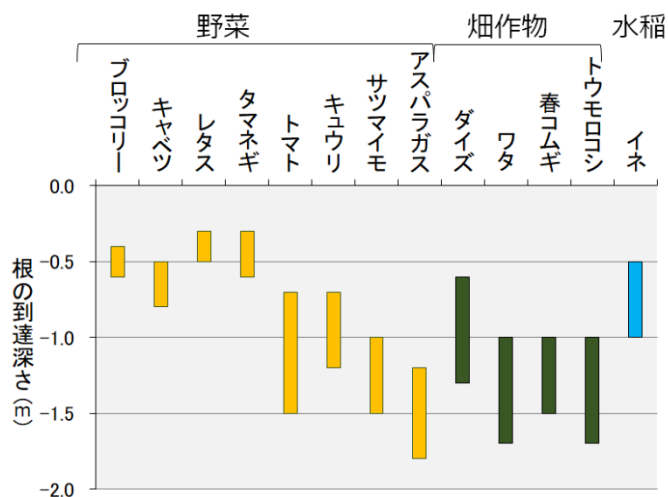


図8 根の到達深さ
(Allen, 1998 Table22 よりデータ引用. 著者作図)

一方、地下水位以下の土層は酸素が少なく根は伸びられないので、地下水位が極端に高い場合は根域が狭くなってしまいます（図9）。そのため、野菜を水田で栽培するには、きめ細かな水管理が必要です。

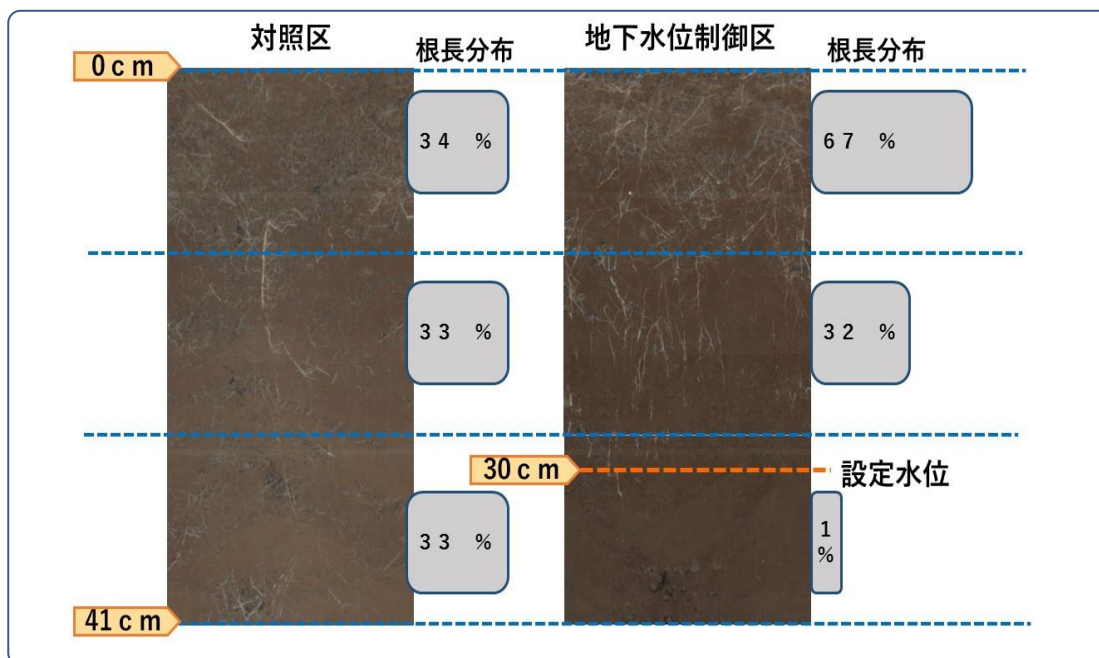


図9 地下水位制御がブロッコリー根系分布に及ぼす影響（中野ら、2014）
 （2011年、茨城県つくば市、雨よけハウス下大型ポット試験、農研機構実施）
 ミニライゾトロン法（地中に埋設した透明な管の表面に出現する根を観察する方法）で撮影。
 左は地表灌水のみで排水した場合、右は地表灌水と地下水位制御（-30cm）をした場合。

2) 降水量と地下灌漑の効果

降水量によって、地下灌漑による作物の生育促進効果（以降、地下灌漑の効果）は異なります。

秋播きタマネギでは、平年並み降水量の場合でも地下灌漑の効果がみられ、平年並み降水量の25%の場合、地下灌漑の効果はたいへん大きいです（図10左）。

夏播き秋どりブロッコリーでは、平年並み降水量の25%・50%の場合には地下灌漑によって収量が増加します。平年並み降水量の場合、地下灌漑により花蕾重が減り（図10右）、日持ち日数が短くなるなど、逆効果になる恐れがあります。

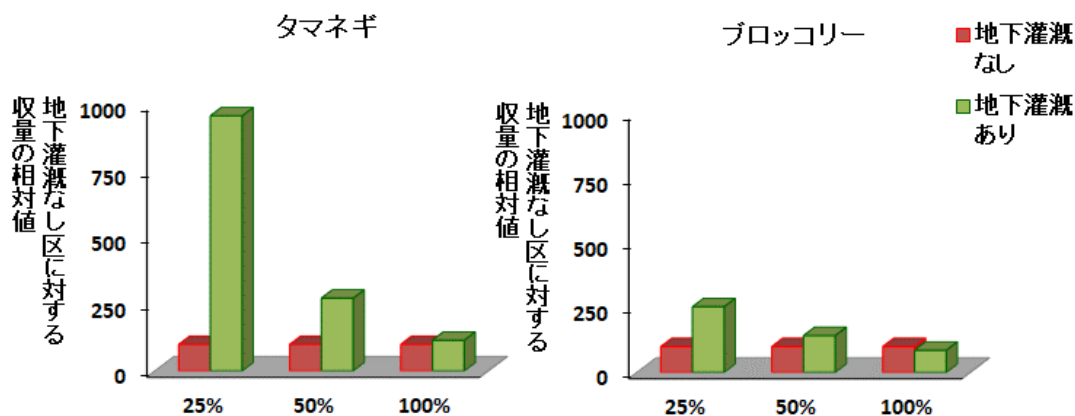


図10 タマネギ（左）およびブロッコリー（右）の降水量下における地下灌漑の効果（中野ら、2017a；中野ら、2017b）
 （2010～2013年、茨城県つくば市、雨よけハウス下の大型ポット試験、農研機構実施）
 ※地表灌水量25%と50%・100%は別試験

3) 作物の生育ステージと地下灌漑の効果

作物の生育ステージによって、地下灌漑の効果が変わります。

秋播きタマネギでは、少雨条件下で全期間にわたり地下灌漑を行った場合に最も鱗茎重が大きく、鱗茎肥大期に当たる後期の処理がこれに次ぐ大きさでした（図11）。したがって、タマネギの活着期に加え、生育後期（茎葉・根伸長期の後半、球肥大期の前半）を重要な灌漑時期として栽培暦を示します（図12）。

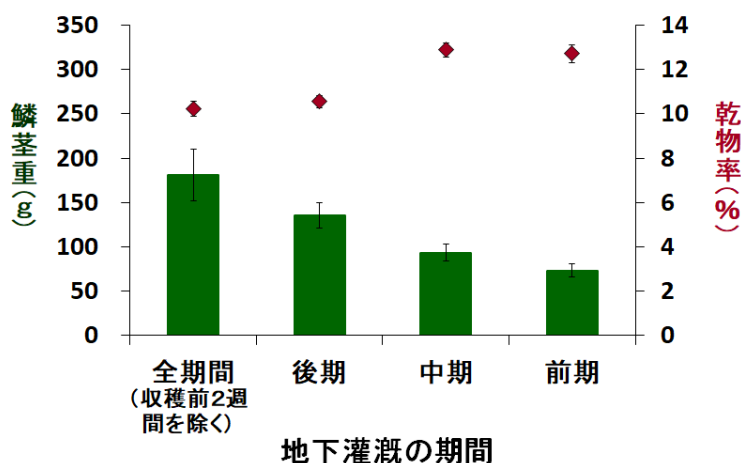


図11 タマネギの生育ステージと地下灌漑の効果（中野ら、2017b）
 （2010～2011年、茨城県つくば市、雨よけハウス下の大型ポット試験、農研機構実施）
 少雨条件（平年並み降水量の25%相当の地表灌水量）で地下灌漑を-30 cmに設定した。乾物率は可食部のみを測定した。

タマネギ

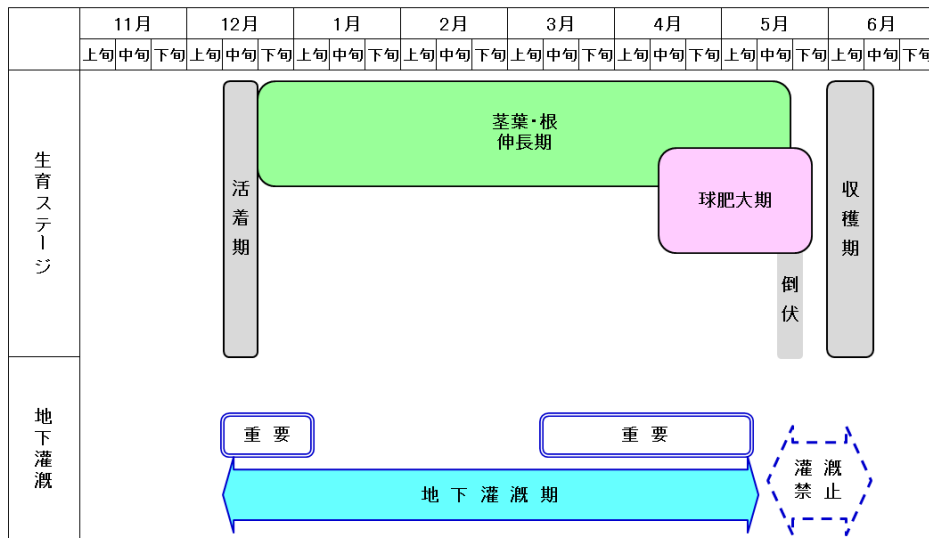


図 1 2 FOEAS による地下灌漑を用いたタマネギの栽培暦例
(文献 1 より引用)

ブロッコリーでは、少雨条件下で全期間あるいは中期に地下灌漑を行った場合に最も花蕾重が大きくなりました (図 1 3)。したがって、ブロッコリーの活着期に加え、花芽分化期から花蕾発達前期を重要な灌漑時期として栽培暦を示します (図 1 4)。

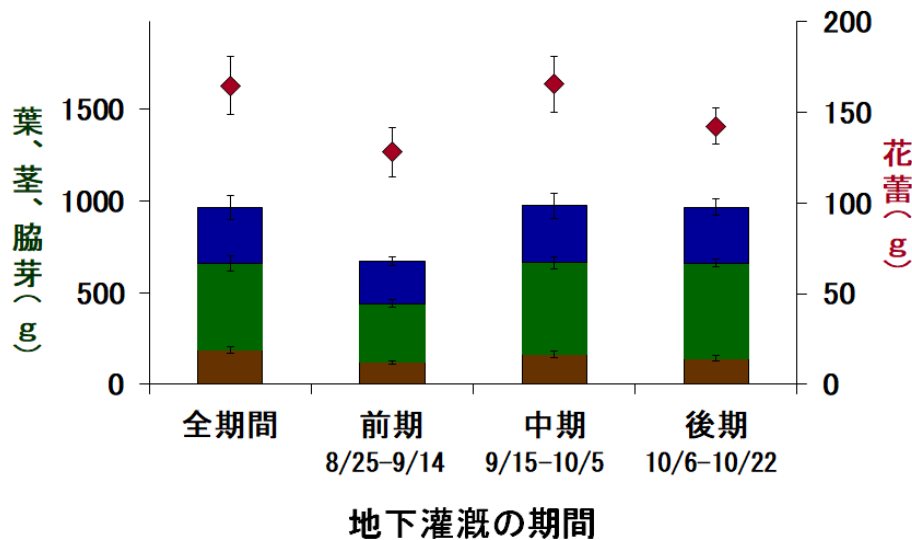


図 1 3 ブロッコリーの生育ステージと地下灌漑の効果 (中野ら、2017a)
(2010 年、茨城県つくば市、雨よけハウス下の大型ポット試験、農研機構実施)

少雨条件 (平年並み降水量の 25% 相当の地表灌水量) で地下灌漑を -30 cm に設定した。

ブロッコリー

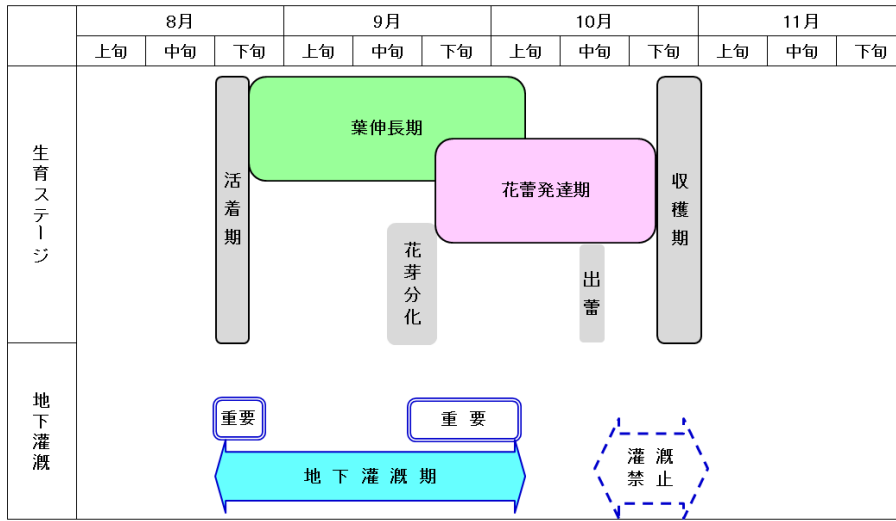


図 1 4 FOEAS による地下灌漑を用いたブロッコリーの栽培暦例 (文献 1 より引用)

4) FOEAS の地下水位の設定

FOEAS は「地下水位制御システム」の名称のように、地下水位を設定することができます。野菜の根系が浅いことは先に述べましたが、実際に野菜作で地下水位を高く (−30cm〜−40cm) 設定し、長期間地下水位を高く保つことは危険です。なぜなら、FOEAS の排水能力を上回る短時間強雨によって、地下水位が設定値以上に上昇し、根の大部分が酸素欠乏におかれてしまうことがあるからです (図 1 5) (中野ら、2014)。このような湛水状態が長引くと、湿害を生じます。

一方、ニンジン・ダイコンの播種の直後では、地下水位を一時的に表層まで上げると、発芽揃いをよくする効果があります (松尾ら、2016)。

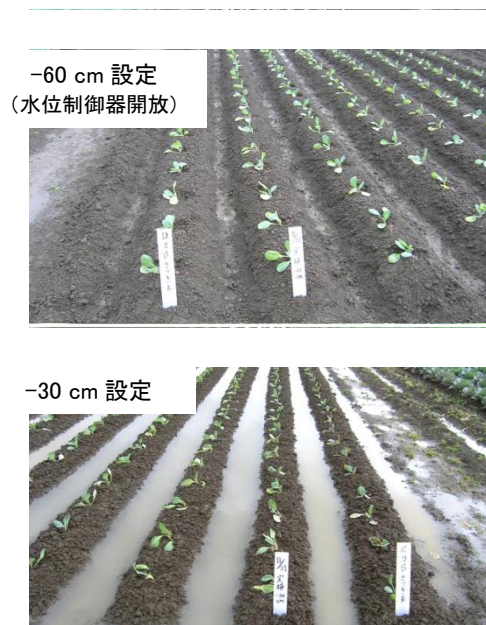


図 1 5 地下水位設定の高さが異なる 2 つの圃場の降雨時の様子 (中野ら、2014) (2011~2012 年、神奈川県平塚市試験圃場、農研機構・JA 全農実施)

5) FOEAS の水管理の効果 夏播きブロッコリーの例

夏播き冬どりブロッコリーの実証試験を3作にわたり行いました。この作型のブロッコリーでは、定植は盛夏期にあたり、活着不良を起こしやすいです。一方、降水量の多い時期でもあるため、定植時以外の灌漑は要らないと考えられがちです。

地下排水の生育安定効果については、FOEAS を施工した場合、ブロッコリーの花蕾が大きく、花茎空洞という不良品の発生率が低くなりました。地下灌漑の効果については、乾燥年に、定植時と花蕾形成時の2回灌漑を行ったところ、無灌漑に対し、花蕾重・花蕾径が大きく、花茎空洞が少なくなりました(図16)。

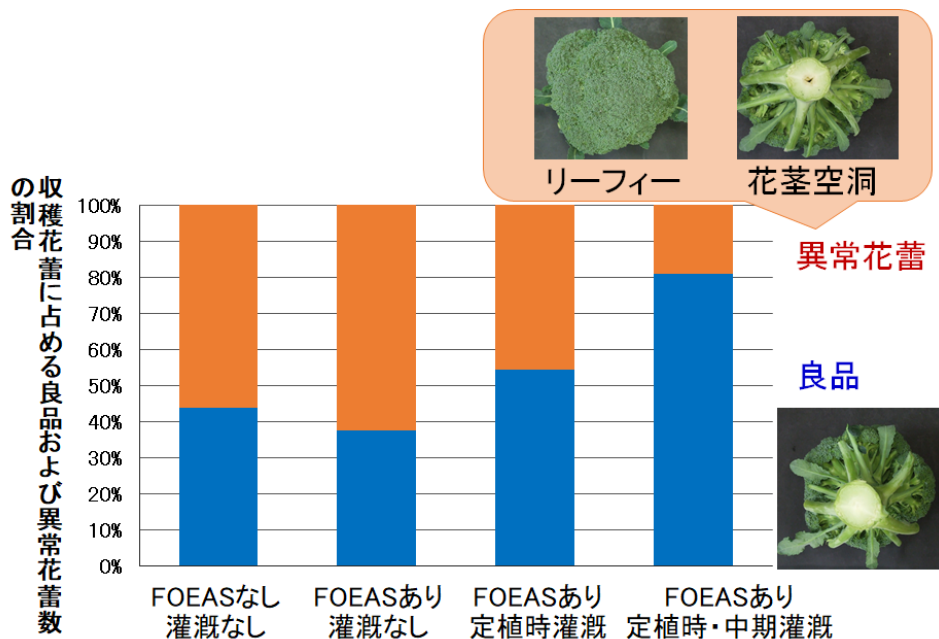


図16 FOEASの有無および水管理の違いによるブロッコリー花蕾の良品割合(中野ら、2020)
(2013~2015年、茨城県稲敷郡河内町現地圃場、農研機構実施)

したがって、FOEASの排水機能に加えて灌漑機能を生かすことによって、湿害と干ばつ害を軽減し、大玉で良質なブロッコリーの生産が可能であることが実証されました。

重粘土壌でのネギ・ブロッコリー栽培(細野ら、2015)、ニンジン・ダイコンの直播栽培(松尾ら、2016)について、同様に必要時のみ灌漑することで安定生産が可能であると報告されています。

4. 水管理判断の指標

1) 水管理支援の概要

生産者にとって、FOEAS を用いた灌漑をいつ行うかは、難しい判断です。圃場の乾燥程度を目で見て把握することは困難です。

そこで、生産者の水管理支援を提案します。FOEAS 施工圃場の実測データと気象データを組み合わせ、排水・灌漑意思決定（支援）フローを作成しました（図 1 7）。気象データには農研機構農業環境変動研究センターで整備された「メッシュ農業気象データ」を用いました。

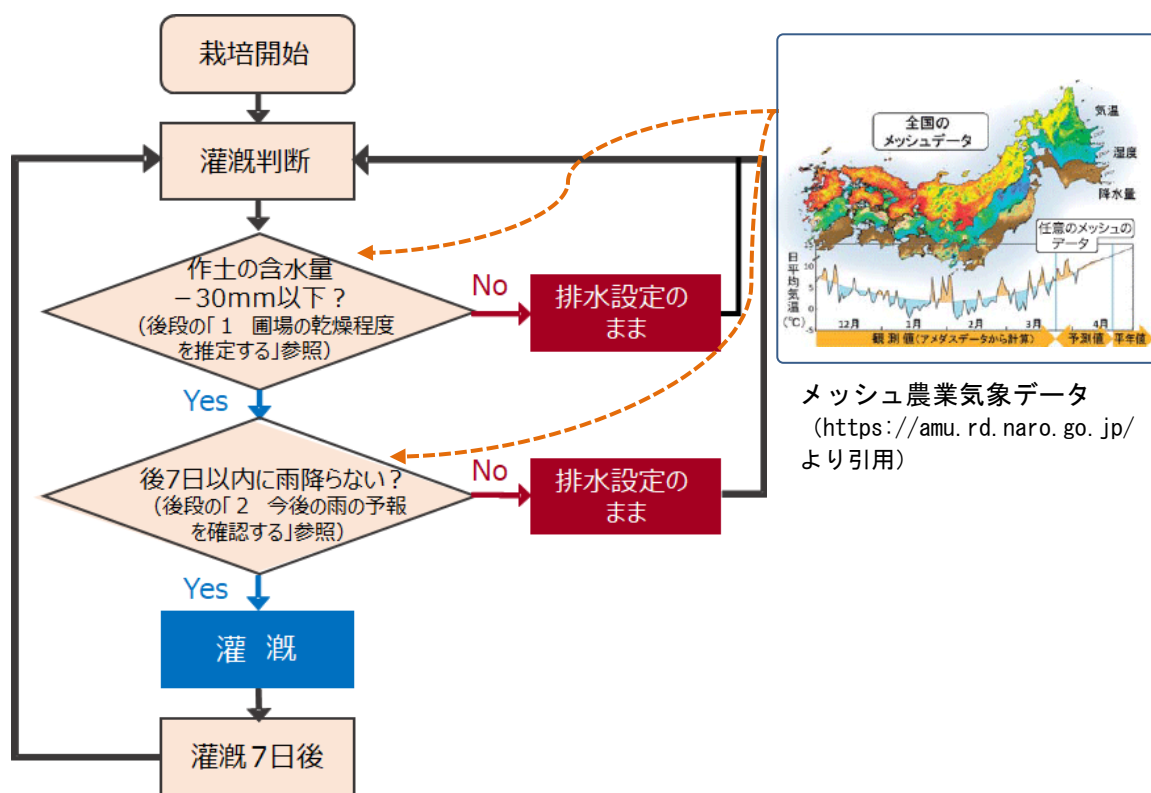


図 1 7 排水・灌漑意思決定（支援）フロー

1 圃場の乾燥程度を推定する

まず、圃場がどのくらい乾いているか、下の式を使って推定します。

作土に含まれる水分量は、土壌からの蒸発と作物の蒸散によって減少します。雨によって水分が補給されます。ここで、現行の灌漑事業計画の「有効雨量」と国際基準である FAO の「基準蒸発散量」から「作土の含水量」を推定します。

作土の含水量 = 有効雨量 - 基準蒸発散量

$$W \quad P_e \quad ET_0 \quad (\text{単位は mm})$$

◆有効雨量 P_e

圃場に降った雨のうち作物が利用できるもの。5 mm 未満の降雨は無視します。80 mm 以上の降雨も地表を流出するため除きます。土壌に貯められる量（有効な雨量）は、5～80 mm の雨の 80%とします。

◆基準蒸発散量 ET_0

FAO が定める基準である草地からの蒸発散量です。

基準蒸発散量の計算は複雑なので、公開されているデータを利用するのが便利です。（たとえば、農研機構栽培管理支援システムで提供されています（<https://agmis.naro.go.jp/SIP/>））。

◆作土の含水量 W

作土の含水量による灌水判断の目安は、土壌によって異なります。

実証試験を行った圃場（灰色低地土）の場合、 $W = -30$ mm を下回った時に水不足と判定しました。

2 今後の雨の予報を確認する

次に、天気予報で雨が降らないか、確認します。メッシュ農業気象データで最新の予報を利用します。

3 灌漑を実施する

灌漑を行ったら、作土の含水量 $W = 0$ （ゼロ）に戻します。
次の灌漑まで 7 日間は灌漑を行いません。

2) 水管理の比較

◆水管理を勘に頼った場合（失敗例）

FOEAS の施工されていない圃場では、排水不良によって降雨による湿害が起きました（図 1 8）。一方、FOEAS の施工された圃場では、速やかに排水され、ネギは順調に成長しました。しかし、その後、盛夏期に灌漑を行

わなかったため水不足になり、さらに過剰灌漑によって生育が抑制されました。

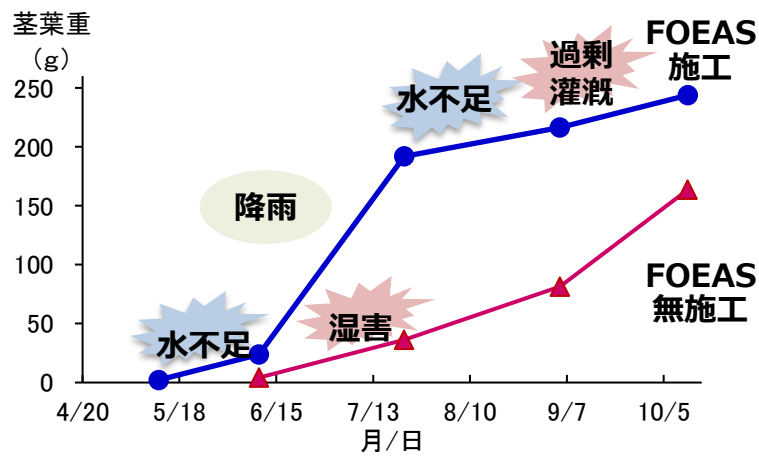


図 18 FOEAS の有無と水管理によるネギの茎葉重の推移 (中野ら、2017) (2016 年、新潟県新潟市町現地圃場、農研機構実施)

◆排水・灌漑意思決定 (支援) フローに基づいて行った場合 (成功例)

次に、水管理支援により、FOEAS の灌漑を 3 回実施しました (図 19)。灌漑によって土壌の水分が保たれました。その後、作土の含水量が低下しましたが、雨の予報のため灌漑を控えました。

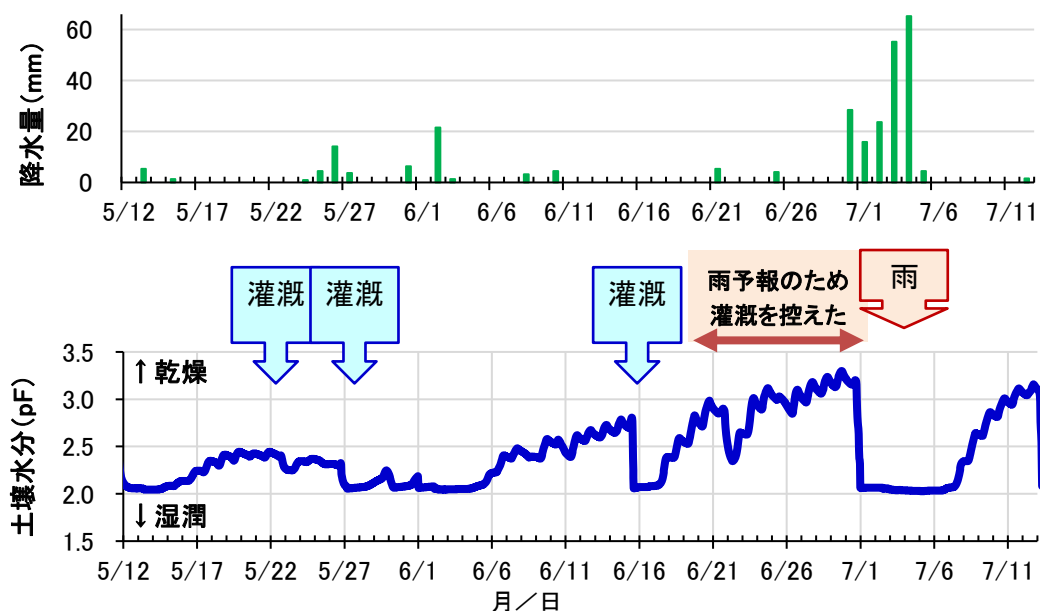


図 19 FOEAS の水管理支援をしたネギ生育期間の降水量、土壌水分の推移 (中野ら、未発表)

(2017 年、新潟県新潟市町現地圃場、農研機構実施)

定植日：2017 年 4 月 23 日、品種：夏扇 4 号 (サカタのタネ)。FOEAS 水管理の基本設定は水位制御器-30cm・給水なし。灌漑時は-10cm設定。pF センサは 15cm 深さに設置。

ネギの栽培期間を通じて水管理支援を行うことによって、適正な水分を保ち、ネギの生育が旺盛になりました（図20）。

FOEAS を施工し、勘で水管理を行うことによって、ネギの調製重（出荷規格に合わせてカットし、外葉を取り除いた後の重量）は1.6倍に増えました（図21）。さらに、水管理支援によって、ネギの調製重は1.6倍に増えました。

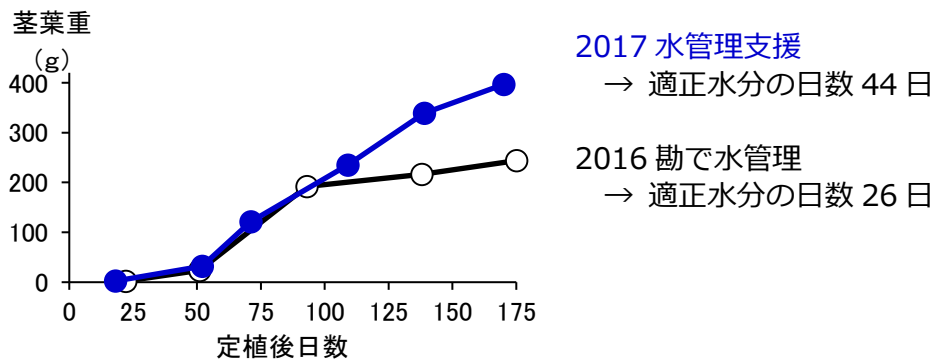


図20 ネギの水管理支援によるネギの生育
※栽培年次が異なるため、単純な比較はできない（中野ら、未発表）
（2016～2017年、新潟県新潟市町現地圃場、農研機構実施）

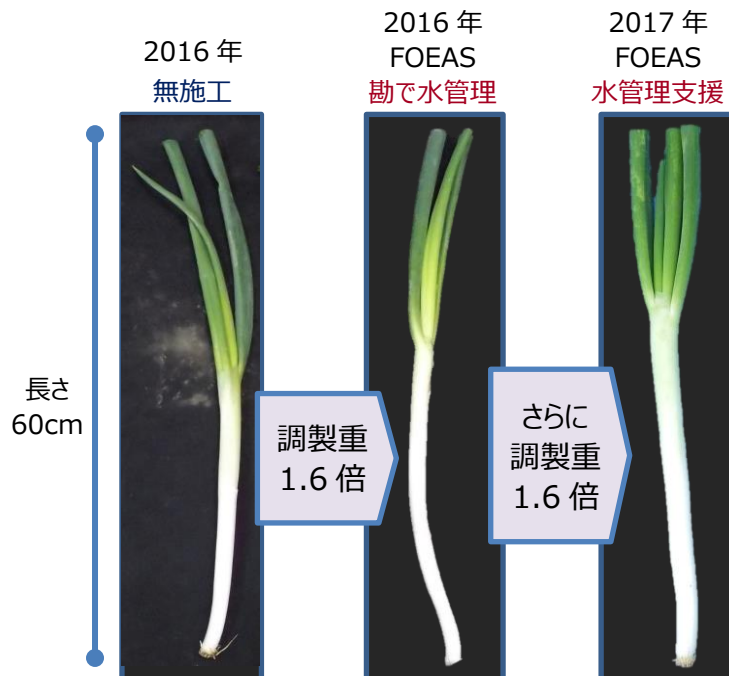


図21 FOEAS の水管理支援による調製後のネギの外観（中野ら、未発表）
（2016～2017年、新潟県新潟市町現地圃場、農研機構実施）
調製は60cm長さでカットし、3枚残して葉をむいた。

参考文献

1. 農研機構. 2016. 水田輪作における地下水位制御システム活用マニュアル増補改訂版.
http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/files/narc_suidenrisuide_foeas_rr.pdf
2. 藤森新作・小野寺恒雄. 2012. 地下水位制御システム FOEAS. 導入と活用のポイント. 農文協.
3. Allen, R. G., et al. 1998. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56.
4. 中野有加・岡田邦彦. 2012. 淡色黒ボク土における地下水位制御がタマネギの生育に及ぼす影響. (成果情報)
http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/vegetea/2012/113a3_01_03.html
5. 中野有加・栗山 淳・高橋 徳・柳井洋介・佐々木英和・岡田邦彦. 2020. 地下水位制御システム (FOEAS) の排水と灌漑による夏播き冬どりブロッコリーの安定生産. 園芸学研究. 19 : 355-364.
6. 中野有加・岡田邦彦. 2014. 大型ポット試験における地下灌漑処理がブロッコリーの地上部および根の生育に及ぼす影響. 根の研究. 23 : 62.
7. 中野有加・岡田邦彦・佐々木英和. 2017a. ポット試験における生育時期ごとの地下灌漑処理が夏播き秋どりブロッコリーの生育に及ぼす影響. 園芸学研究. 16 : 7-18.
8. 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ム (FOEAS) 施工ほ場における設定水位が秋まきキャベツの生育に及ぼす影響. 園芸学研究. 13 : 125-133.
9. 中野 有加・岡田 邦彦・佐々木 英和. 2017b. ポット試験における地下灌漑の処理時期および降水量が秋播きタマネギの生育・収量に及ぼす影響. 園芸学研究. 16 : 421-434.
10. 細野達夫・池田順一・大野智史・鈴木克拓・谷本岳・片山勝之・関口哲生・関正裕. 2015. 重粘土地下水位制御圃場へのネギ・ブロッコリーの適応性. 農研機構中央農研研報. 23 : 1-22.
11. 松尾健太郎・松尾健太郎・山本岳彦・山崎篤. 2016. 地下水位制御が春播きおよび夏播きニンジンの生育に及ぼす影響. 農作業研究. 51 : 59-68.
12. 中野有加・樋口 亮・山川紳哉・佐々木英和. 2017c. 地下水位制御システム FOEAS を利用したネギの安定生産. 根の研究. 26 : 111.

担当窓口、連絡先

外部からの受付窓口：

農研機構ウェブサイトの問い合わせ窓口

<http://www.naro.affrc.go.jp/inquiry/index.html>

発行日：令和2年9月28日

