

地下水位制御システム(FOEAS)導入ほ場における京野菜等の安定生産

浅井信一*

摘要

地下水位制御システム(FOEAS)を利用して葉ネギおよび丸ダイコンを栽培する場合、地下水位高は通常-60cm(暗渠開放)とし、一時的に地下水位高を+10cm程度に上げてうね間に水を廻す方法が適する。地下かんがいの指標は、暗渠開放とした上で、土壌 pF 計をうねの頂面から-20cm に設置し、根圏の浅い生育初期の土壌水分を pF1.5~2.0、発芽が揃うか苗が活着する中期以降は pF2.0~2.7 を目安に管理する。

キーワード: 地下水位制御、FOEAS、京野菜、ダイコン、葉ネギ、pF

I 緒言

水田農業における経営の安定化には、水稻に豆類、さらには収益性の高い野菜等を組み合わせた輪作が有効である。しかし、府内の水田土壌は排水不良が生じやすいグライ低地土、灰色低地土が多くを占め⁽³⁾、作土厚が浅く適正な根群域の確保が困難なほ場が多い⁽⁹⁾。そのうえ、暗渠施工等の排水対策は不十分で、パイプライン等のかんがい施設の整備が進んでいないほ場が多く、湿害や干ばつにより生産が不安定となる事例が多い。また、野菜栽培に適した土壌水分管理は品目によって異なる。

独立行政法人農村工学研究所により開発された地下水位制御システム「FOEAS(フォアス、Farm-Oriented Enhancing Aquatic System)」は、従来の暗渠排水機能を強化し、さらに地下かんがいの機能も備えている⁽²⁾⁽⁴⁾。これまでに FOEAS を利用した栽培は主に大豆で報告されており⁽¹⁾⁽¹¹⁾⁽¹⁶⁾、野菜に関しては、ネギ(白ネギ)およびブロッコリー⁽⁷⁾、キャベツ⁽⁶⁾、タマネギ⁽¹²⁾、ニンジン⁽¹⁰⁾等での報告があるが、京都の伝統野菜⁽¹⁵⁾である九条ネギ(葉ネギ)および聖護院ダイコン(丸ダイコン)での報告は確認されていない。

そこで本研究では、FOEAS を導入した水田ほ場において、収益性の高い輪作野菜品目として葉ネギ、丸ダイコンに適する地下水位高および地下かんがいの指標を検討した。

II 材料と方法

試験1 FOEAS における地下水位高の検討(2015年)

FOEAS では田面を基準として-30cm から+20cm 間の深さに地下水位高を設定でき、ダイズ栽培では地下水位高-30cm を基本とする事例が多い⁽¹⁾⁽¹¹⁾。しかし、多くの野菜栽培ではうねの頂面からの地下水位高は-50~-60cm が適するとされており⁽¹³⁾、FOEAS では暗渠解放すると田面からの

地下水位高が-60cm 以下となることから、通常は暗渠開放とし乾燥時には地下水位高を+10cm 程度まで上げ畝間に水を廻し、再び暗渠解放する栽培も行われている⁽¹³⁾。そこで、農林センター内細粒質灰色化低地水田土の FOEAS 施工ほ場において、地下水位高を田面から-30cm とする「-30cm 区」、暗渠を開放することで地下水位高を田面から-60cm 以下とする「-60cm 区」を設置し、さらに FOEAS を施工していない隣接ほ場を「対照区」とし(表1)、葉ネギおよび丸ダイコンを栽培することで、FOEAS における両品目に適する地下水位高を検討した。なお、試験区は 7.5 m² の 3 反復、収量調査は 1 反復につき 10 株で行った。

栽培は、葉ネギでは「耐病性ぼうずしらず」をセル育苗して供試し、秋冬作として移植は 2015 年 10 月 8 日、収穫は 2016 年 1 月 25 日に行った。施肥は窒素 22kg/10a、りん酸 8kg/10a、加里 16kg/10a を基肥および追肥 3 回に分施した。丸ダイコンでは「冬どり聖護院」を供試し、播種は 8 月 28 日、間引きを 3 回行った後、収穫は 11 月 27 日に行った。施肥は窒素 24kg/10a、りん酸 8kg/10a、加里 20kg/10a を基肥および追肥 2 回に分施した。土壌水分は、うねの頂面から-20cm(田面から-約 10cm)の土壌 pF を、テンシオメーターを用いて葉ネギでは 11 月 13 日から、丸ダイコンでは 8 月 28 日から測定した。なお、いずれの試験区も作付け開始時は頭上かん水を行い、-60cm 区におけるかんがいの実施は土壌水分の達観的な目安として、うね間表層が乾いて白くなったときに行った。

試験2 FOEAS における地下かんがい指標の検討(2016年)

試験1では FOEAS の-60cm 区の地下かんがい開始の指標を土壌水分の達観で行ったが、生産現場適用するには数値化した指標が必要と考えられ、土壌 pF を指標とした地

* 農林センター園芸部(現:環境部)

下かんがいの指標を検討した(表4)。作物生産に適した土壌水分範囲「易効性有効水」は水田土壌においては pF1.5～2.7 とされる⁶⁾ので、できるだけその範囲を維持するよう地下かんがいを調整した。なお、試験区は7.5 m²の3反復、収量調査は1反復につき10株で行った。

土壌 pF は、試験1と同様に測定し、葉ネギでは-10cmも測定した。なお、センサーが一部故障したため、葉ネギは8月2日まで、丸ダイコンでは10月12日までで測定を終了した。

栽培については、生産現場での葉ネギでは継続出荷のためほ場内で移植期をずらして植え付けることが多い。そこで、葉ネギでは‘耐病性ぼうずしらず’をセル育苗し、同ほ場内で移植を2回に分けて行った。作付けは夏秋作とし、1作目は移植を5月23日に行い、収穫は8月2日、2作目は移植を6月20日に行い、収穫は9月20日とした。施肥は窒素22kg/10a、りん酸8kg/10a、加里16kg/10aを基肥および追肥3回に分施した。丸ダイコンでは、‘冬どり聖護院’を供試し、播種は8月28日に行い、間引きを2回行った後、収穫は11月28日に行った。施肥は窒素24kg/10a、りん酸8kg/10a、加里20kg/10aを基肥および追肥2回に分施した。

III 結果

試験1 FOEAS における地下水位高の検討(2015年)

葉ネギでは、-60cm区の地下かんがいは計6回行い、地下水位高は±0～+10cmとしてうね間に水を廻らせた後、2時間から3時間後に落水した(図1)。土壌水分は、-30cm区は対照区と同様にpF0～2.0で推移し、易効性有効水(pF1.5～2.7)から判断すると湿りが強く、-60cm区はpF0～2.2で推移し対照区より高く推移した(図2)。収量は、調製重、草丈および葉鞘径で、-60cm区が対照区および-30cm区より優れ、-30cm区は対照区と調製重と葉鞘径は同等で、草丈は劣った(表2)。

丸ダイコンでは-60cm区の地下かんがいは計5回行い、当初はかんがい時の地下水位高を-20cmとしたが株周りまで湿らせるのに1日以上かかるため、2回目からは地下水位高を±0～+20cmとしてうね間に水を廻らせた後、数時間後に落水した(図3)。土壌水分は、対照区がpF0.0～2.9と大きく変動して推移したのに対し、-30cm区ではpF0.7～2.5と変動は小さいが対照区より湿りがちに推移した。-60cm区ではpF1.4～2.9と対照区より高く、易効性有効水範囲の期間が長く推移した(図4)。収穫時の生育量は、最長葉長、全重、根重、根長および根径で-60cm区が対照区と同等で-30cm区は小さく、根の障害割合は区間の差がなかった(表3)。

試験2 FOEAS における地下かんがい指標の検討(2016年)

葉ネギでは移植直後の根圏が非常に浅いため、-60cm区の地下かんがいは1作目の5月23日移植では当初地下水位高を+10cmとしてうね間に水を廻らせ、数時間後に落水し、以後、-10cmとして乾燥が進みにくくなるよう活着を促し、5日後に-60cmとした。2作目の6月20日移植では、移植翌日から10日間連続で降雨があり降水量は計140mmに達したため地下水位高は-60cmのままとした。その後、6月30日から降雨がなかったため7月5日に-60cm区で地下かんがいを行った。7月18日以降は梅雨が明けて高温乾燥となり、葉ネギは根圏が浅いため-60cm区の地下水位高を-30cmとし地下かんがいを行ったが、頻繁にかんがいを行う必要があったため、8月19日から8月22日までは地下水位高を-10cmに、8月27日以降は地下水位高を-20cmとした(図5)。なお、対照区も8月以降は-10cmの土壌水分がpF2.7以上で推移し乾燥が進んだため、8月9日、12日、19日と3回頭上かん水を行った。土壌水分は、1作目の移植後7日間の間、両測定深とも-60cm区がpF1.4～1.6と意図したとおりに湿っていたのに対し、対照区はpF2.3以上と乾燥していた。2作目の移植後7日間の間は降雨により両測定深および両区ともpF1.4～1.5と湿っていた。6月30日以降は降雨が7日間なく土壌が乾燥したが、-60cm区は7月5日に地下かんがいを行ったためにpF1.4～1.5に低下し湿っていた。梅雨明け後は-60cm区も対照区同様高く推移した(図6、図7)。収量は、1作目2作目とも、調製重および草丈で、-60cm区が対照区より優れた(表5)。

丸ダイコンでは、-60cm区の地下水位高を当初-10cmとし、播種5日後以降は暗渠開放、播種7日後に地下かんがいをを行い、以後は降雨が断続的であったため地下かんがいは実施しなかった(図8)。土壌水分は、対照区が播種後に降雨のあった9月5日までpF2.0前後でやや乾き気味に推移したのに対し-60cm区はそれより湿って推移し、9月5日以降は区間差が小さく推移した(図9)。収量は、-60cm区が対照区より根径で優れたが、最長葉長、全重、根重、根長、および根の障害割合は対照区と同等であった(表6)。

IV 考察

今回の結果では、FOEASでの葉ネギおよび丸ダイコン栽培における地下水位高は、-30cmに固定するとFOEAS無施工ほ場よりも収量が劣り、対照区と同等以上の収量を得た地下水位高-60cm(暗渠開放)が適する事が判明した。その場合のかんがい方法は、土壌pFを測定して易効性有効水の上限値pF2.7になるまでにかんがいをを行う事とし、一時的

に地下水位高を+10cm 程度まで上げ、うね間に水を廻した後 2 時間から 3 時間後に落水する方法が適する。品目別には、葉ネギでは秋冬作においては地下水位高-60cm で増収が期待できる。夏秋作においては、夏季の乾燥時には地下水位高-10~-30cm を維持した上で地下かんがいを行うと増収が期待できる。一方、丸ダイコンでは FOEAS による増収効果は認められなかったが、栽培期間が秋季から冬季と乾燥しにくい時期であるため、深根性のダイコンでは栽培の後半には地下かんがいの効果が小さくなると考えられた。

これらの事から、葉ネギにおいてはほ場が乾燥しかんがいが必要になる場合、FOEAS を施工していないほ場では株毎に頭上かん水を行うか、1うね毎にうね間を堰き止めてかん水を行う等労力が多くなるのに対し、FOEAS 施工ほ場では、地下水位高を上げるだけで容易に素早くかんがいで適正な土壌水分を確保でき、特に夏秋作では大幅な増収につながる。一方、丸ダイコンにおいては、同じアブラナ科の秋冬野菜(長ダイコン、キャベツ、ブロッコリー)で FOEAS による増収効果を確認している⁽⁸⁾。また、夏季の土壌乾燥時に定植したブロッコリーでは、FOEAS による定植直後の地下かんがいにより初期生育が良好で増収する⁽⁷⁾、FOEAS の排水機能に加えてかんがい機能を生かすことで安定生産に資する⁽¹⁴⁾との報告がある。これらの事から、播種時期の違いや降水が少ない年には丸ダイコンでも FOEAS で増収する可能性は残されている。

以上の結果および考察から、FOEAS 導入ほ場における京野菜地下かんがい指標を作成した。すなわち「通常-60cm (暗渠開放)とする。pF 計(テンシオメーター等)をうねの頂面から-20cm に設置し、根圏の浅い生育初期の pF1.5~2.0、播種後発芽が揃うかまたは移植後十分に活着した中期以降の pF2.0~2.7 を目安に管理する。さらに、降雨が少なく乾燥が進んで pF2.7 を超えるときは、暗渠を閉じ地下水位高を-20cm 程度に設定し、さらに乾燥が進むときは、+10cm 程度に設定してうね間に水を廻した後、2 時間から 3 時間後に株元近くまで十分に土壌が湿ったら元の水位に戻す。」とした。詳細については、FOEAS 導入ほ場における輪作マニュアルを作成した⁽⁸⁾ので参照されたい。

なお、本研究の一部は、平成 25、26 年度「農林水産業の革新的技術緊急展開事業」(うち産学の英知を結集した革新的な技術体系の確立)の支援を受けて実施した。

V 引用文献

- (1) 中央農研、2009、地下水制御システム(FOEAS)による大豆の安定生産マニュアル、P5~11
- (2) 中央農研、2016、水田輪作における地下水制御シス

- テム活用マニュアル増補改訂版、P1~2
- (3) 土壌保全調査事業全国協議会編、2012、『全国農耕地土壌ガイドブック』、P72~73
- (4) 藤森ら、2012、『地下水制御システム FOEAS 導入と活用のポイント』、農文協
- (5) 藤原俊六郎・安西徹郎・小川吉雄・加藤哲郎、1998、『新版土壌肥料用語辞典』、P62~64
- (6) 兵庫県立農林水産技術総合センター淡路農業技術センター、2015、地下水制御システム(FOEAS)を利用したキャベツの安定・増収技術
- (7) 細野ら、2015、重粘土地下水制御圃場へのネギ・ブロッコリーの適応性、中央農研研究報告、23、1-22
- (8) 京都府農林センター、2017、地下水制御システム(FOEAS)導入圃場における高収益輪作体系導入マニュアル、6~7
- (9) 京都府農林水産部農産流通課、2002、持続的な農業推進のための土づくり推進指導資料、9
- (10) 松尾健太郎・山本岳彦・山崎 篤、2016、地下水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(2)、59-68
- (11) 望月ら、2013、ダイズ作付け期間中の深さ別土壌水分の変化による地下水制御システム(FOEAS)の機能評価、農業農村工学会、286、51-57
- (12) 中野有加・岡田邦彦、2012、地下水位の高低および変化がタマネギの根系発達に及ぼす影響、根の研究、21(3)、63~71
- (13) 中野ら、2014、地下水制御システム(FOEAS)設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、園学研、13(2)125~133
- (14) 中野ら、2020、地下水制御システム(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、園学研、19(4)355-364
- (15) 田中大三、1991、『京都の伝統野菜』、76
- (16) 竹田博之・佐々木良浩、2013、転換畑ダイズ不耕起栽培における地下水制御システムを利用した梅雨期および梅雨明け後播種栽培、日作紀 82(3)233-241

表1 「試験1 FOEASにおける地下水位高の検討(2015)」の試験区

試験区	FOEAS施工	地下水位高	うね頂面の高さ(cm)			
			葉ネギ		ダイコン	
			田面から	うね底から	田面から	うね底から
対照	なし	制御なし	-	16.0	-	15.0
-30cm	あり	-30cm固定とし、水位を維持するため随時入水した。	9.2	15.5	5.0	13.8
-60cm	あり	通常は暗渠開放(-60cm)で、かんがい時は一時的に水位を上げた。	9.7	16.3	4.5	13.7

注)試験区のcmおよびうね頂面の田面からの高さはFOEAS施工時の田面を基準(±0cm)。

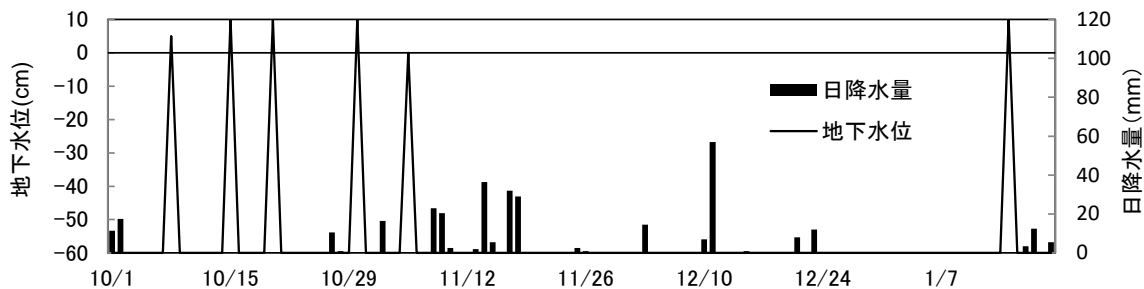


図1 FOEASほ場地下水位設定と日降水量[試験1(2015年)、葉ネギ、-60cm区]

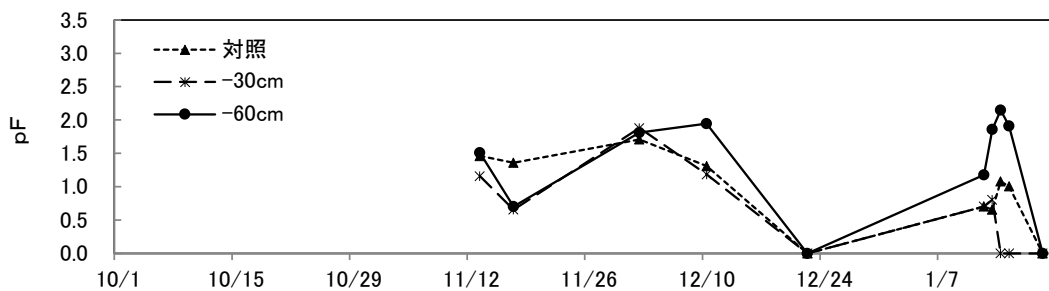


図2 土壌pFの推移[試験1(2015年)、葉ネギ、うね頂面から-20cm]

注)測定はテンシオメーターで、測定範囲は0.0~3.0

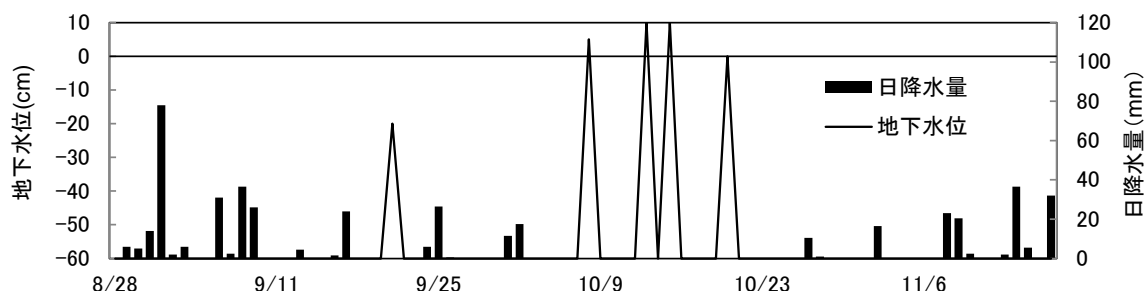


図3 FOEASほ場地下水位設定と日降水量[試験1(2015年)、丸ダイコン、-60cm区]

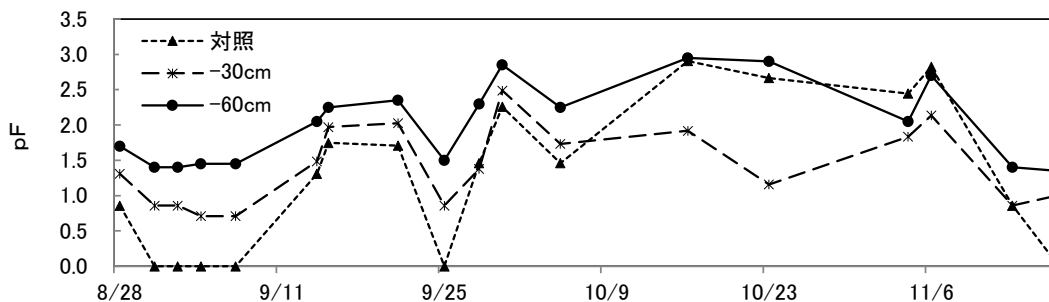


図4 土壌pFの推移[試験1(2015年)、丸ダイコン、うね頂面から-20cm]

注)測定はテンシオメーターで、測定範囲は0.0~3.0

表2 地下水位高の違いが葉ネギの生育及び収量に及ぼす影響[試験1(2015年)]

試験区	調製重(g)	草丈(cm)		本数	葉鞘径(mm)	
		株平均	最長		株平均	最大
対照	82.3 b	51.6 b	55.5 b	4.4	10.8 b	12.4 b
-30cm	65.2 b	48.2 c	52.1 c	4.4	10.2 b	12.1 b
-60cm	108.7 a	58.6 a	63.7 a	4.6	12.0 a	13.7 a

注)調査は10株3反復。異なる英文字間はTukey法により5%水準で有意差があることを示す。

表3 地下水位高の違いが丸ダイコンの生育及び収量に及ぼす影響[試験1(2015年)]

試験区	最長葉長(cm)	全重(kg)	根重(kg)	根長(cm)	根径(kg)	根の障害(%)
対照	58.2 a	2.40 a	1.82 a	15.4 a	15.4 a	40 a
-30cm	51.8 b	1.86 b	1.45 b	14.4 b	14.1 b	37 a
-60cm	54.1 ab	2.32 ab	1.83 a	15.8 a	15.1 a	29 a

注)調査は10株3反復。根重は葉を10cm残して測定。根の障害は該当株率を示す。

異なる英文字間はTukey法により5%水準で有意差があることを示し、障害は角変換後に統計処理を行った。

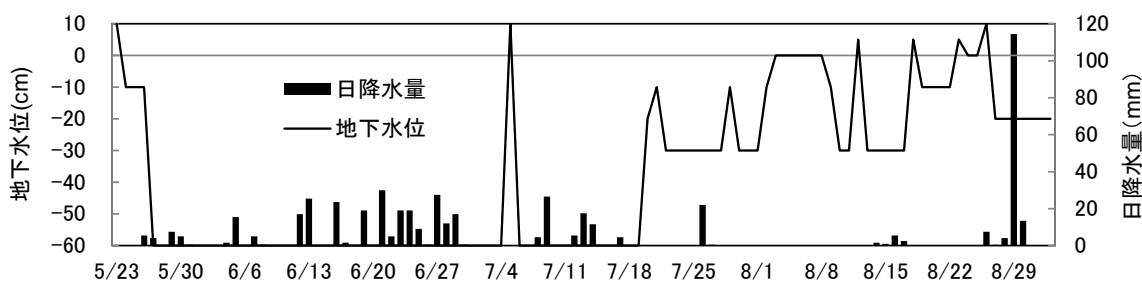


図5 FOEASほ場地下水位設定と日降水量[試験2(2016年)、葉ネギ、-60cm区]

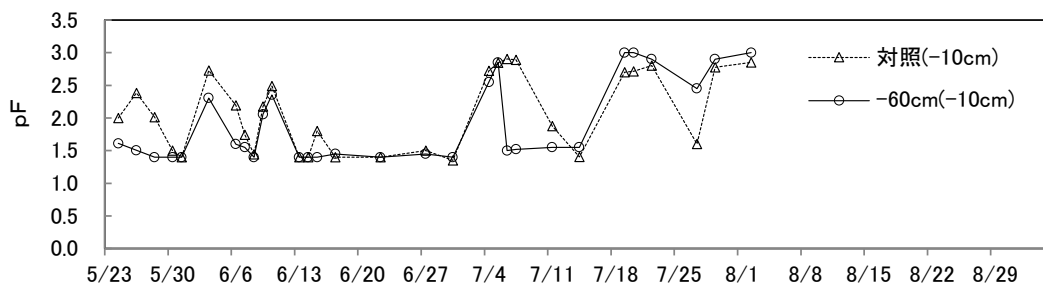


図6 土壌pFの推移[試験2(2016年)、葉ネギ、うね頂面から-10cm]

注)測定はセラミック土壌水分計で、測定範囲は1.4~3.0

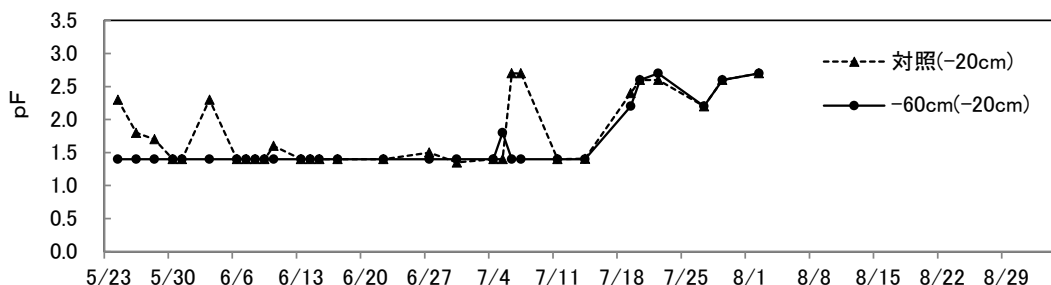


図7 土壌pFの推移[試験2(2016年)、葉ネギ、うね頂面から-20cm]

注)測定はセラミック土壌水分計で、測定範囲は1.4~3.0

表4 「試験2 FOEASにおける地下かんがい指標の検討(2016)」の試験区

試験区	FOEAS施工	地下水位高	うね頂面の高さ(cm)			
			葉ネギ		ダイコン	
			田面から	うね底から	田面から	うね底から
対照	なし	制御なし		15.3		16.5
-60cm	あり	通常は暗渠開放(-60cm)で、灌漑時は一時的に水位を上げてから落水した。	7.3	16.1	9.8	16.1

注)試験区のcmおよびうね頂面の田面からの高さはFOEAS施工時の田面を基準(±0cm)。

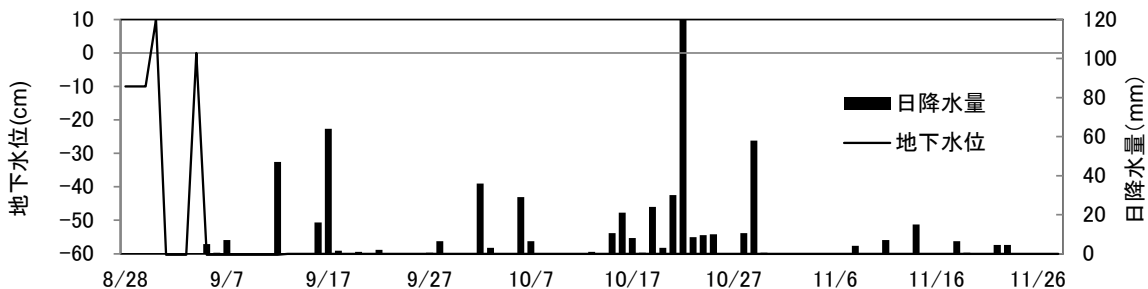


図8 FOEASほ場地下水水位設定と日降水量[試験2(2016年)、丸ダイコン、-60cm区]

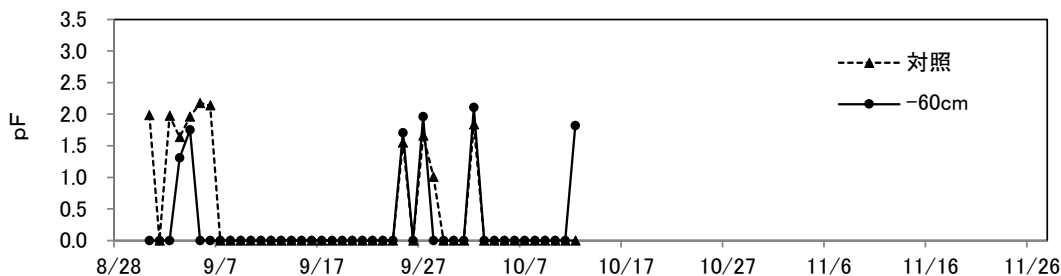


図9 土壌pFの推移[試験2(2016年)、丸ダイコン、うね頂面から-20cm]

注)測定はテンシオメーターで、測定範囲は0.0~3.0

表5 地下水位管理の違いが葉ネギの生育及び収量に及ぼす影響[試験2(2016年)]

試験区	調製重(g)	草丈(cm)		本数	葉鞘径(mm)								
		株平均	最長		株平均	最大							
1作目	対照	109.3	b	53.3	b	59.9	b	5.3	a	10.7	b	15.1	a
	-60cm	151.7	a	60.5	a	65.9	a	5.0	a	11.9	a	14.0	a
2作目	対照	90.7	b	56.4	b	63.2	b	3.6	a	9.1	a	11.3	a
	-60cm	138.3	a	65.2	a	71.5	a	4.1	a	10.3	a	12.3	a

注)調査は10株3反復。異なる英文字間はt検定により5%水準で有意差があることを示す。

表6 地下水位管理の違いが葉ネギの生育及び収量に及ぼす影響[試験2(2016年)]

試験区	最長葉長(cm)	全重(kg)	根重(kg)	根長(cm)	根径(cm)	根の障害(%)						
対照	49.1	a	1.71	a	1.35	a	13.8	a	12.7	b	13	a
-60cm	49.4	a	1.87	a	1.52	a	14.1	a	13.9	a	33	a

注)調査は10株3反復。根重は葉を10cm残して測定。根の障害は該当株率を示す。

異なる英文字間はt検定により5%水準で有意差があることを示し、障害は角変換後に統計処理を行った。

Stable cultivation technology of Kyoto vegetables utilizing

Farm-Oriented Enhancing Aquatic System (FOEAS)

Shinichi ASAI

Summary

When cultivating leaf green onions and round Japanese radish, which are traditional vegetables in Kyoto, using the Farm-Oriented Enhancing Aquatic System (FOEAS), the groundwater level is usually set to -60 cm (open underdrain), and the groundwater level is temporarily increased to around +10 cm. A suitable method is to raise it and sprinkle water between the ridges. As for the underground irrigation index, with the underdrain open, a pF meter is installed at -20 cm from the top of the ridge, and the pF of shallow rhizosphere early growth is 1.5 to 2.0, and after when seeds germinate or seedlings take root is pF2.0 to 2.7.

Keywords: Groundwater level control, Farm-Oriented Enhancing Aquatic System (FOEAS), Kyoto vegetables, round Japanese radish, leaf green onions, pF