

北陸地域の重粘土転換畑での播種後1回の地下灌漑がダイズの出芽、生育および収量に及ぼす効果

細野達夫^{*1}・中山則和^{*1}・関正裕^{*1}

目 次

I はじめに	27	IV 摘要	36
II 材料と方法	28	引用文献	36
III 結果と考察	30	Summary	38

I はじめに

北陸地域では、粘土含量が25%以上のいわゆる「重粘土」が水田面積の35%以上に分布する(高橋, 2005)。透水性の悪い重粘土転換畑圃場でのダイズ栽培では、暗渠や明渠による排水性の改良や畝立て播種などの湿害対策が重要となる。しかし、重粘土はまた、有効水分域が狭いため、蒸発散量が大きく降雨が少ない場合には乾燥害が生じる危険性もあると考えられている(足立ら, 2005)。

北陸地域で単作ダイズの標準播種期となる5月下旬から6月上旬にかけては降水量が少ない年が多いが、播種後の降水量が少ないと出芽・苗立ちの不良や初期生育の抑制が生じる(吉田ら, 2013)。播種後、根が深く伸張するまでは表層に水分を必要とするが、重粘土圃場でも耕うん層は乾燥しやすいため、水分不足による出芽不良が生じる場合がある。出芽不良により欠株が多くなると減収につながる(高橋ら, 2016)ため、出芽を安定させ適正な苗立ちを確保することは安定多収のために重要である。

一方、ダイズの開花・着莢期と重なる7月下旬から8月前半にかけても、梅雨明け後、高温・少雨となり圃場が乾燥する年が少ないが、細野ら(2014)は、重粘土圃場におけるダイズの灌漑試

験(点滴灌漑)を行ったところ、高温・干ばつ年でも開花期以降の灌漑による増収効果がなく、逆に無灌漑でも顕著な生育阻害や減収は見られなかったことを報告し、その要因として、ダイズが根を深く延ばして吸水している可能性を示唆している。

そこで、本研究では、重粘土転換畑でのダイズ作を対象に、播種後間もない時期の灌漑(以下、播種後灌漑)に焦点を絞り、それが出芽、苗立ち、初期生育さらには最終的な収量に及ぼす効果を明らかにしようとした。水田転換畑における灌漑方式として、現状で最も一般的なのは畝間灌漑であるが、大流量の水によって土壌構造が破壊され排水性が悪化する可能性も懸念される(足立ら, 2005)。一般に、排水性の悪い圃場では灌漑の効果が期待できず、逆に湿害による減収を引き起こす場合もあるとされている(有原, 2000)が、上記のような畝間灌漑の特性も一因と考えられる。過剰な畝間灌漑により種子が冠水すれば、出芽・苗立ちが低下する可能性も考えられる(中山ら, 2004)。一方、近年、普及しつつある地下水水位制御システム(藤森, 2007。以下、FOEAS)が施工された圃場では、地下灌漑の利用が考えられる。細野ら(2015)は、重粘土FOEAS

圃場において、夏季の土壤乾燥時のブロッコリー定植直後に、地下灌漑により表層まで水分供給することによる良好な苗の活着と初期生育促進効果を認めている。土壤乾燥時のダイズ播種後においても、地下灌漑により表層土壤水分を出芽や初期生育に好適な状態にできる可能性がある。西日本で梅雨明け後に播種するダイズの出芽安定にFOEASの地下灌漑が有効であることが示されている（竹田・佐々木, 2013）が、重粘土転換畑での梅雨明け前播種における適用性は確認されていない。

本研究では、播種後灌漑がダイズ生育に及ぼす効

果を明らかにするため、FOEASが施工された重粘土水田転換畑圃場を用いて、3カ年にわたって、ダイズ播種後に灌漑を実施し、灌漑の有無による出芽、苗立ち、開花期の生育量および収量の違いを調べた。

本研究は、農研機構運営費交付金（平成25～27年度）により実施したが、FOEAS設備は、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」3系「土壌養水分制御技術を活用した水田高度化技術の開発」（平成22～24年度）により整備されたものを利用した。

II 材料と方法

1. 圃場

試験に用いた圃場は、北陸研究拠点（新潟県上越市）内のFOEASが施工された水田転換畑圃場で、本研究の試験に供した2013年時点において畑転換後8年目であった。2006年～2010年はダイズ、2011年と2012年はネギおよびブロッコリーが作付けされていた（いずれも、冬季は休閑）。土壌は細粒強グライ土、土性はLiCで、いわゆる「重粘土転換畑」である。この圃場は、遮水シート（地下1mまで）を施工した中畦で2つの区画に隔てられており、区画毎に独立して地下水位制御が可能である。各区画の畦部分を含む面積は、長辺（東西方向）約50m、短辺（南北方向）が約9mの約4.5aである。圃場および2011年と2012年の作付けについての詳細は、細野ら（2015）を参照されたい。

2. ダイズの栽培

播種期は、ダイズ単作の場合の地域の慣行である5月下旬とした（表1）。品種は、2013年と2014年は「エンレイ」、2015年は「里のほほえみ」を用いた。

改良型アップカッターロータリーを用いた耕うん同時畝立て播種作業機（細川ら, 2011）により、耕うんと同時に畝幅75cm、畝高さ約20cmの畝を形成しながら、畝上面にダイズを播種した（1条/畝）。播種深度は約5cm、播種間隔は8cmで1粒播種とした（設定播種密度16.7粒/m²）。耕うん土層の厚さ（畝上面から鋤床までの深さ）は25cm前後で

あった。粒状消石灰（Gライム）を100kg/10a、ダイズ用複合肥料（JAえちご上越大豆専用肥料）はN、P₂O₅、K₂Oがそれぞれ2.5、6.3、9.4（kg/10a）に相当する20kg/10aを耕うん前に圃場面に散布し、耕うんによって全層に混和した。追肥はしなかった。

畝方向は東西（長辺方向）であり、東西の枕地（それぞれ約3m幅）は裸地のままとした。2013年は各区画内の一部（中畦から4畝×20m、60m²）を本研究の試験に用いた。2014年と2015年は各区画の全面を試験に用い、10畝×40m（300m²）に作付けした。周囲明渠は施工せず、強雨時には畝間に湛水が生じたが、畝間の水は水尻から表面排水されるようにした。

雑草管理は、播種直後に土壤処理除草剤（ベンチオカーブ・ペンディメタリン・リニュロン粉粒剤）を散布するとともに、播種後4～5週に中耕培土を実施した。さらに、開花期前後に必要なに応じて茎葉処理除草剤（キザロホップエチル水和剤とベンタゾン液剤）の散布または非選択制除草剤（グルホシネート液剤）の畦間散布を行った。

3. 水分環境の計測

各区において、土壌の体積含水率および水ポテンシャルを、それぞれTDRプローブ（Campbell, CS616）および水分センサ（Decagon, MPS-2）を用い、データロガー（Campbell, CR10X）で計測・記録した。TDRプローブおよび水分センサは、耕う

ん播種後、地下灌漑実施前までに設置した。畝間に穴を掘ってそこから畝に向かって水平に差し込み、畝上から深さ10cmおよび20cmの畝内に設置されるようにした。各センサは、各計測位置につき2個以上設置した。ただし、2015年は、水ポテンシャルセンサは設置しなかった。

地下水位のモニタリングのため、本暗渠から2～3m離して、補助孔と補助孔の中間位置および補助孔位置に、硬質塩ビ管（VP50）製の地下水位測定管を、各区各位置に1本ずつ設置した。各測定管の底部に水位センサロガー（Onset, HOBO-U20-001-01）を設置し、水圧を測定・記録し、同型の別の水位センサロガーにより測定・記録した大気圧との差から管内の水深を計算した。さらに、管底部と畝上面との高度差（水準測量により実測）および水深から、地下水位を計算した。

各圃場からの暗渠排水量は、電磁流量計（愛知時計、電磁式積算体積計、SW050GM）、表面排水量は水道メータ（アズビル金門、接線流羽根車式電子式水道メータ、EKDA40）を用いて計測した。電磁流量計のパルス出力は小型ロガー（Onset, HOBO-UA-003-64）、水道メータのパルス出力は土壤水分計測に用いたデータロガーで、それぞれ計測・記録した。

4. 地下灌漑

中畦で隔てられた2つの区画のうち、一方を、播種後にFOEASの給水機能を用いて地下灌漑を実施する「灌漑区」、他方を「無灌漑区」に設定した。灌漑区と無灌漑区の配置は、3年間同じとした。地下灌漑時以外は給水機能は使わなかった。

灌漑区では、播種の3日～5日後に地下灌漑を実施した。灌漑開始後、畝間に湛水が生じ始めてから2～3時間程度、灌漑を継続した。灌漑区への灌漑量は、パルス出力つき水道メータ（愛知時計、EDY40）で計測（パルスを前述の土壤水分計測に用いたデータロガーで計測・記録）した。灌漑中、灌漑速度を維持するため、給水側の水位管理者を最高

水位（田面上10cm）に設定するとともに、排水口から排水が生じないように水位制御器も最高水位（水位管理者の設定より高く）に設定した。灌漑の翌日以降も、灌漑された水が暗渠を通じて排水されないように、水位制御器の設定水位はすぐには下げずに、徐々に低下させた（図2～図4参照）。

なお、同じ圃場内に別の試験用の区域を設けていた2013年のみ、灌漑区ではダイズ播種前の5月初旬にも地下灌漑を行っていた（灌漑量は10.9mm）。そのため、ダイズ播種時にすでに灌漑区では無灌漑区よりも土壤水分および地下水位は高い状態にあった。

5. 出芽率、生育・収量の調査

出芽調査地点（5m×1畝）を、2013年は4地点、2014年および2015年は20地点設定し、出芽個体数の推移を調査した。想定播種密度から計算される播種数に対する出芽個体数の百分率を出芽率とした。

開花期および収穫期には、生育調査、収量調査を実施した。開花期の生育調査は、採取した個体の主茎長、葉面積および地上部乾物重を計測した。収穫時の調査項目は、主茎長、茎乾物重、莢乾物重、総節数、総莢数、稔実莢数、粗子実重、整粒重および整粒数とした。整粒は粒径が5.5mm以上の子実とし、整粒重と整粒数から百粒重を算出した。

圃場の反復は無いので、生育・収量調査用の試料は、各圃場内から、1地点あたり0.4～1.5m²の範囲の個体を3～6地点分採取し、各地点の平均値を統計処理に供した（すなわち、区あたりのサンプル数、n=3～6。採取地点の面積および数は年度および調査時期により異なる。結果の表を参照）。

また、2014年と2015年には、生育初期（播種後30日前後）から最大繁茂期頃までの繁茂度合いの経時変化を把握するため、各区内6～8地点で、PAR計測装置（Decagon, AccuPAR, LP-80）を用いて葉面積指数（LAI）を評価した。

統計処理はパソコンのソフトウェア（Synergy Software, カレイダグラフ）を用いて行った。

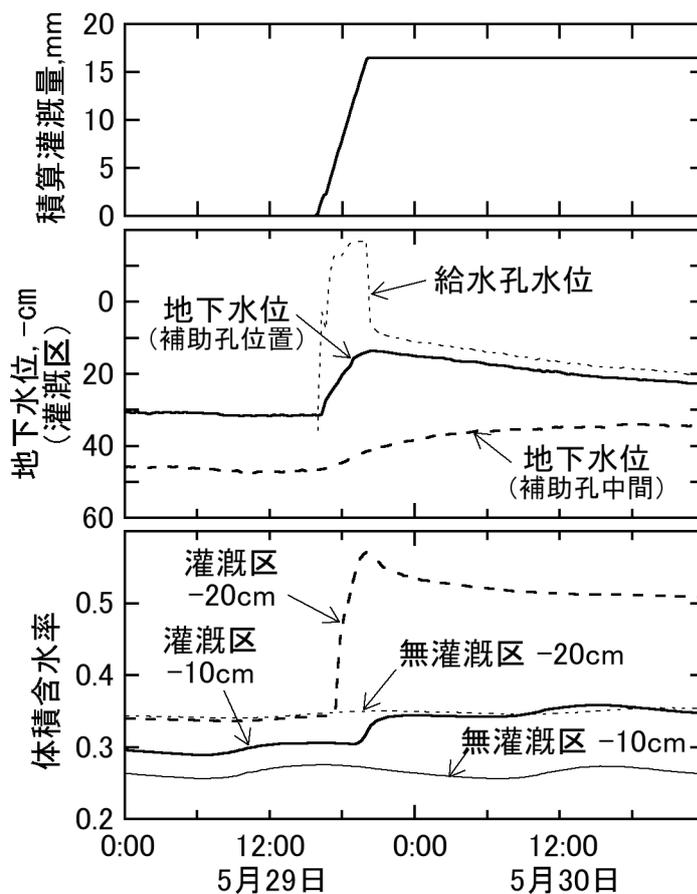


図1 地下灌漑実施後の地下水位，土壌水分（体積含水率）の推移の例（2014年）

地下水位は，補助孔位置および補助孔と補助孔の中間位置（補助孔中間）の水位で，畝上面からの深さを示す．体積含水率は，畝上面から-10cmおよび-20cmでの計測値．

III 結果と考察

1. 土壌水分，地下水位の推移

地下灌漑実施前後の灌漑区における地下水位および土壌水分の変化の例を図1に示す．地下灌漑は，速い給水速度を維持するため，地下水位の設定を田面より上10cm以上にして行った（図1中段の給水孔水位参照）．畝間が湿り始めてから約2時間灌漑を継続したところ，畝上から10cmの深さの土壌水分が高まっており，表層付近まで水が浸透していることが確認できる（図1下段）．地下灌漑量は，2013年，2014年および2015年において，それぞれ，13.1mm，16.5mmおよび24.0mmであった．なお，畝間の湿潤状況は補助孔との位置関係に関わらず圃場内でほぼ均一であった．図1中段では，補助孔中間位置の地下水位の上昇速度は遅く，補助孔位置の水位よりも

低く推移している．これは，耕うん層より下の不攪乱土層は透水性が著しく悪いため，灌漑水はその土層に浸透するより前に，補助孔を通じて耕うん層に供給され，水平方向に広がったことを示しているものと推察される．翌日以降，徐々に補助孔位置と補助孔中間位置の地下水位は近づいていった．

各年の栽培期間中の土壌水分，地下水位の推移と降水量および灌漑水量を図2～4に示す．なお，2015年は水ポテンシャルを計測しなかったが，体積含水率から推定した値を示した．2013～2015年のいずれの作でも，播種期となる5月下旬から6月上旬には降水量は少なかったが，灌漑区では播種後の地下灌漑によって，無灌漑区よりも地下水位が高まり，畝内の土壌水分も増加した．梅雨に入

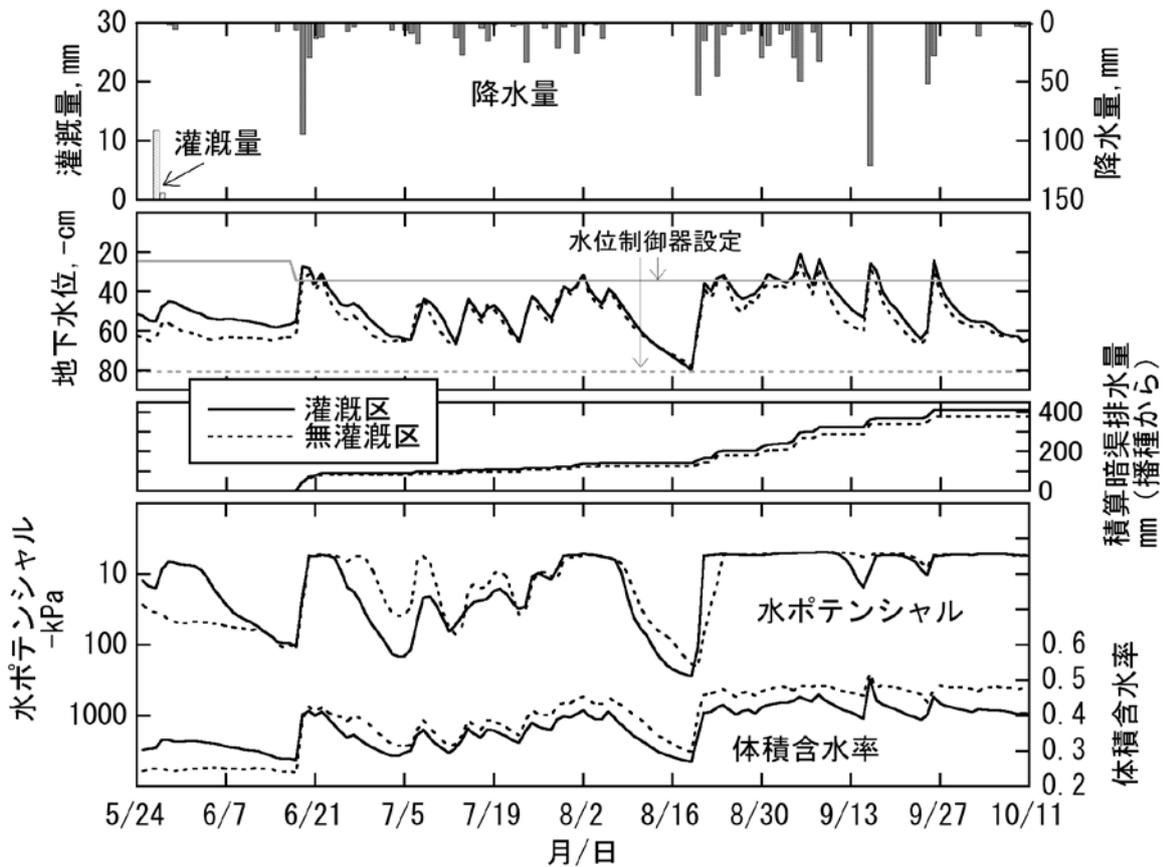


図2 ダイズ生育期間中の降水量および灌漑量，地下水位，暗渠排水量および土壌水分（2013年）

灌漑水量は灌漑区のみ。地下水位は、補助孔と補助孔の中間位置の水位で、畝上面からの深さを示す。土壌の水ポテンシャルおよび体積含水率は、いずれも畝上から-10cmにおける測定値の日平均値。なお、水ポテンシャルセンサの計測範囲（取扱説明書による）は、-10～-500 kPa (pF 2.01～pF 3.71)である。

り降水量が増えた6月下旬以降になると、地下水位・畝内土壌水分とも灌漑区と無灌漑区との差異は小さくなった。7月以降、灌漑区、無灌漑区とも、畝上から20cmの深さの水ポテンシャルは、-100kPa（約pF3）以下まで低下する場面もあったが、視覚的に判定可能な水ストレスの兆候は確認できなかった。

なお、図2～4では、地下水位は補助孔と補助孔の中間位置（補助孔中間）での計測値のみ示した。補助孔位置の地下水位は、ほとんどの期間で、水位計設置深（補助孔の深さ）よりも低かったため測定値は得られなかった。測定値が得られた期間については、強雨時および地下灌漑時に一時的に補助孔中間よりも水位が高まった以外は補助孔中間とほぼ同じであった。

また、生育期間中の水位制御器の設定は、灌

漑区と無灌漑区で異なった（特に2013年および2015年）が、そのことが暗渠排水量（排水機能）に及ぼす影響は小さかった（図2～図4）。

2. ダイズの出芽・苗立ちおよび生育・収量

播種後の出芽率の推移を図5に示す。播種後2週間目の出芽率に、灌漑の有無により有意な差異はなかった。しかし、3カ年とも、播種後の地下灌漑によって灌漑無しの場合に比べて出芽が早まる傾向が見られた。また、2013年には無灌漑区では4畝中1畝で出芽率が大きく低下したのに対し、灌漑区では畝による出芽率のばらつきは小さかった。ダイズが良好に発芽するためには、播種直後に十分に吸水する必要がある（高橋ら、2008）。従って、降水量が少なく土壌水分が低下

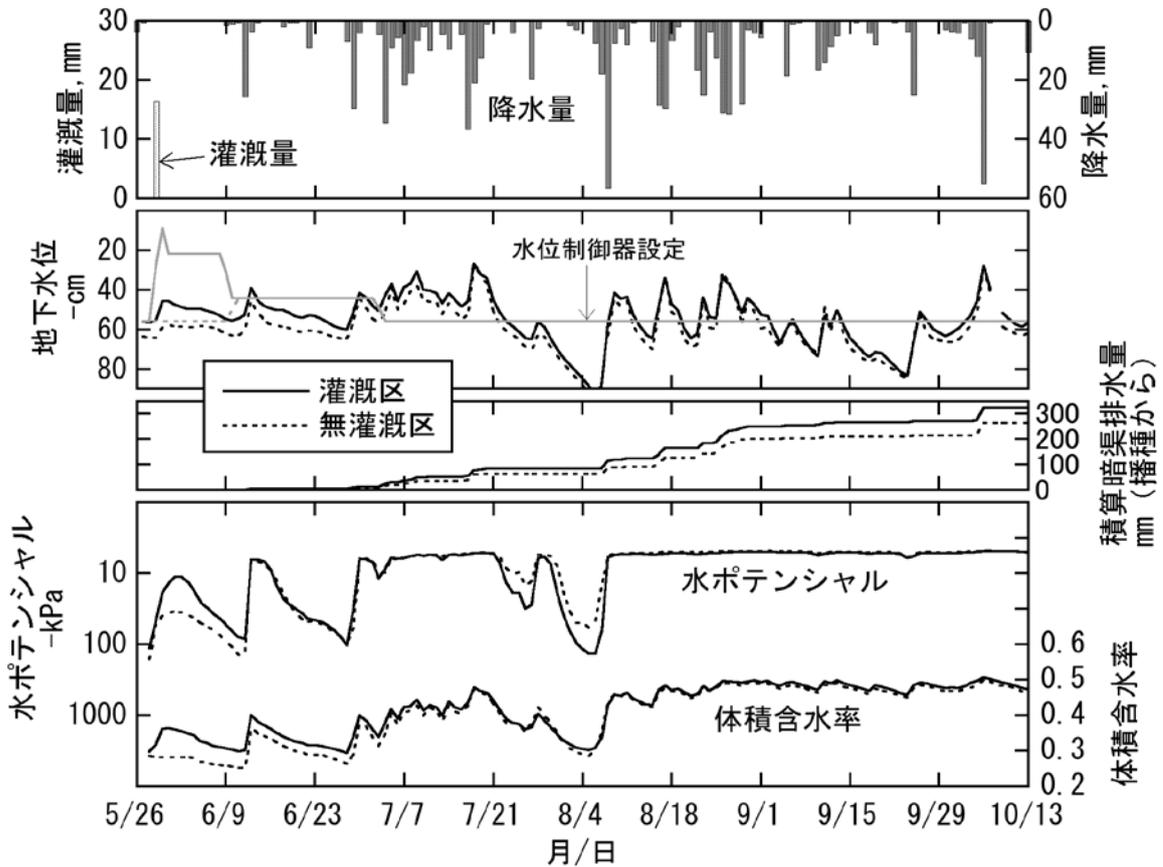


図3 ダイズ生育期間中の降水量および灌漑量，地下水位，暗渠排水量および土壌水分（2014年）

説明は図2に同じ

する状況において，地下灌漑により表層付近まで土壌水分を高めることによって，出芽がより促進され安定する効果があると考えられる。

降水が少ない時期にも関わらず，無灌漑でも発芽・出芽の阻害が顕著に生じなかったのは，事前耕起なしでの耕うん同時畝立て播種の効果と考えられる。重粘土圃場においても，耕うん後，土壌水分は急激に低下するため，耕うんと同時に播種することが有効である（吉田ら，2013）。また，播種後の鎮圧も種子の吸水を促進する（高橋ら，2008）ため，耕うん・播種と鎮圧輪による播種条の鎮圧を一行程で行う耕うん同時畝立て播種技術は，雨量が少ない時期のダイズの出芽安定にも効果的である。出芽後の苗立ちも良好であり，2013年の無灌漑区を除き，収穫時の株数は約15～16本/m²（表3参照）で，設定播種密度16.7粒/m²からの減少は小さかった。

なお，達観では，畝間の雑草発生が灌漑区で多く

なる傾向が見られたが，除草剤散布と中耕培土によりダイズの生育に影響が無い程度に雑草を制御できたと思われた。

開花期の生育量を表2に，収穫期の子実重および収量構成要素を表3に示す。開花期における主莖長，LAIおよび乾物重は，3カ年とも灌漑区の方が無灌漑区より大きい傾向であった。2014年および2015年に相対PARセンサにより推定したLAIの経時変化を見ると，出芽が早かった灌漑区の生育が無灌漑区よりも初期生育は明らかに旺盛であったが，最大繁茂期にかけて無灌漑区のLAIの方が大きくなる傾向であった（図6）。この傾向は特に2015年で顕著であり，これは，無灌漑区の方が一次分枝数が有意に多くなった（表3）ためと考えられた。

主莖長は，3カ年とも収穫期に至るまで灌漑区で大きい傾向であったが，子実重については，灌漑区で無灌漑区よりも有意に高くなったのは2014年の

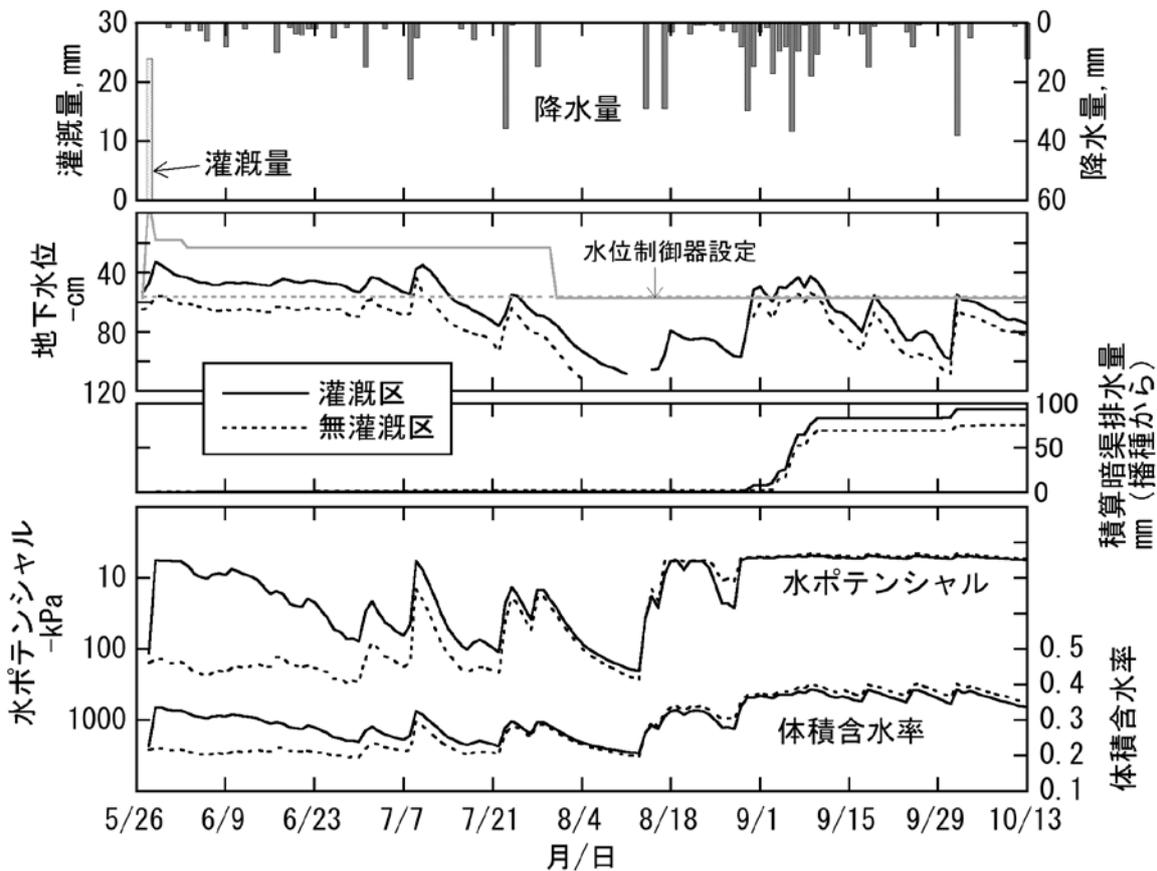


図4 ダイズ生育期間中の降水量および灌漑量，地下水位，暗渠排水量および土壌水分（2015年）

説明は図2に同じ。ただし、水ポテンシャルは、体積含水率測定値からの推定値である。地下水位が8月に欠測になっているのは、水位センサ設置位置（筒底部、地下水位約-100cm）に湛水がなかったためである。

みであった。2013年は、一部の畝の出芽不良により株数が減少した（表3）にも関わらず、面積あたりの莢数は灌漑区と同等となり、子実重も灌漑区と有意な差がなかった。2014年では、開花期における灌漑区と無灌漑区とのLAIの差異が大きく、開花後しばらくの間その差が維持されたことにより、百粒重に有意な差が生じ、収量が灌漑区で高まったと推察される。

3. 総合考察

播種後の出芽率重粘土転換畑は、透水性の悪い土壌特性から、圃場排水性が悪くなりがちであり、多雨や過剰灌漑により畑作物の湿害を招きやすい。そのため、基本的には、重粘土転換畑では排水性の確保に重点をおき、灌漑は、効果が期待

される場面を見極めて慎重に行うのがよいと考えられている。このことは、弾丸暗渠を密に施工して排水性を高めるFOEASが施工された場合でも同様である。細野ら（2015）は、重粘土FOEAS圃場での野菜（ネギ、ブロッコリー）の栽培試験から、定常的な水位制御（地下灌漑）による生育への悪影響を示唆した。ダイズ作については、Matsuo et al.（2017）は、FOEASが施工された九州の灰色低地土水田転換畑での3品種の栽培試験（7月中旬播種）で、地下水位を常時-30cmに設定した場合や、降水量や生育ステージを考慮して必要と思われるときに地下水位を-30cmに設定した場合、地下灌漑を行わず排水機能のみを使用した対照区（地下水位は-50～-60cmで推移）よりも減収したことを報告している。FOEAS圃場でも、畑作時には、地下灌漑機能の利用は最小限にする

表1 各年の播種日, 出芽期, 開花期および収穫日

年	試験区	主茎長 cm	LAI	地上部乾物重 m ⁻²
2013	灌漑	56.2±1.6	5.5±0.5	317.2±35.8
	無灌漑	52.8±1.7	4.0±0.4	214.2±18.1
2014	灌漑	63.8±4.0*	5.4±0.5	280.3±28.7
	無灌漑	45.1±4.4	4.1±0.4	195.9±28.2
2015	灌漑	62.0±2.1**	3.8±0.2*	259.6±9.6**
	無灌漑	45.5±1.9	3.3±0.1	190.8±8.7

表2 開花期の生育量

年	試験区	主茎長 cm	LAI	地上部乾物重 m ⁻²
2013	灌漑	56.2±1.6	5.5±0.5	317.2±35.8
	無灌漑	52.8±1.7	4.0±0.4	214.2±18.1
2014	灌漑	63.8±4.0*	5.4±0.5	280.3±28.7
	無灌漑	45.1±4.4	4.1±0.4	195.9±28.2
2015	灌漑	62.0±2.1**	3.8±0.2*	259.6±9.6**
	無灌漑	45.5±1.9	3.3±0.1	190.8±8.7

採取地点数は, 2013年は2, 2014年は3, 2015年は4であり, それぞれ平均±標準誤差を示した. 採取地点の面積は2013年が0.6m², 2014年および2015年は0.375m²であった.

各年毎の試験区間で, *は5%水準, **は1%水準で, 有意差あり (t検定). 年次により採取地点数が異なるため, 年次間差の統計処理はしていない.

表3 収穫期における生育, 収量および収量構成要素

年	試験区	主茎長 cm	個体数 m ⁻²	茎乾重 g m ⁻²	子実重 g m ⁻²	一次分枝数 m ⁻²	総節数 m ⁻²	稔実英数 m ⁻²	整粒数 m ⁻²	百粒重 g
2013	灌漑	72.9±0.7	16.0±0.7	257±8	363±34	65.2±3.5	672±12*	727±8	1206±43	30.0±1.8
	無灌漑	61.2±5.5	10.5±1.2	208±11	351±11	59.3±2.7	552±11	673±32	1152±56	30.5±0.5
2014	灌漑	85.1±3.2*	15.6±0.5	233±14	455±8**	55.2±1.8	518±15	674±13	1196±32	38.1±0.4**
	無灌漑	69.6±4.4	16.3±0.5	190±19	389±11	51.1±0.8	495±18	639±23	1143±41	34.1±0.6
2015	灌漑	73.7±1.3**	15.8±0.7	363±10	347±10	53.4±2.2	544±11	533±10	894±19	38.8±0.5
	無灌漑	63.1±1.4	15.3±0.8	353±6	353±9	69.3±1.5**	577±16	555±13	909±20	38.8±0.3

各区のデータは, 採取地点 (2013年が2地点, 2014年と2015年は6地点) の平均±標準誤差を示した. 採取地点の面積は, 1.5m². 子実重と百粒重は, 15%水分換算値.

各年毎の試験区間で, *は5%水準, **は1%水準で有意差あり (t検定). 年次により採取地点数が異なるため, 年次間差の統計処理はしていない.

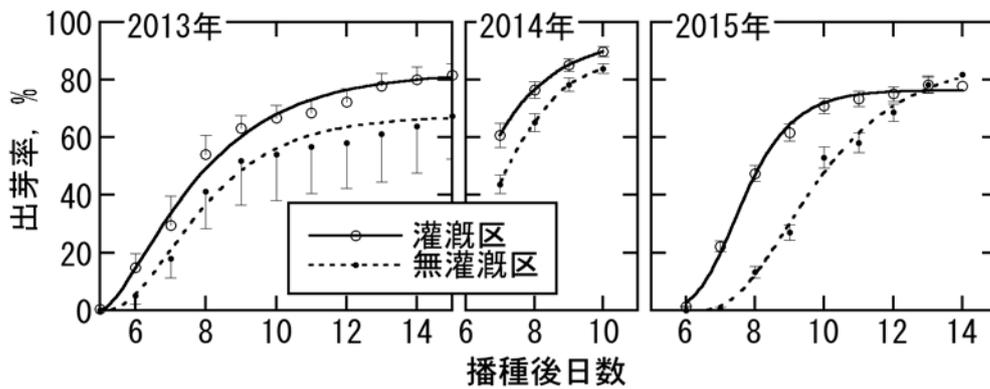


図5 出芽率の推移

エラーバーは標準誤差を示し、2014年と2015年は上下に表示したが、2013年は上下に表示すると重なって見にくいため、上または下のみに表示した。曲線は、リチャーズ関数による近似曲線。

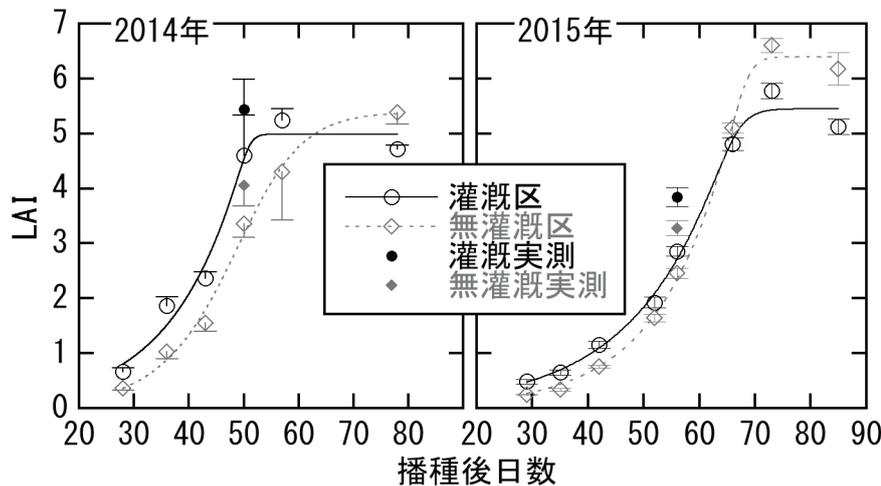


図6 葉面積指数 (LAI) の推移

LAIは、PAR計測装置による推定値。「実測」は、開花期生育調査において採取した株の葉を面積計で計測した値から計算した値。エラーバーは標準誤差を示し、2015年は上下に表示したが、2014年は上下に表示すると重なって見にくいため、上または下のみに表示した。曲線は、リチャーズ関数による近似曲線。

のがよいと考えられる。

重粘土FOEAS圃場でのダイズ作において灌漑機能を利用すべき場面として、本研究では、降水量が少ない時期における播種直後を想定し、その効果を明らかにしようとした。結果として、本研究の3カ年の試験のように、播種前後の降水量が少ない条件においては、播種後の地下灌漑は出芽・苗立ちの安定化と初期生育の促進に有効であると考えられた。また、2014年の灌漑区では無灌漑区と比較して開花期すぎまでLAIが顕著に大きく推移したことにより、子実収量も増大した。この灌

漑区と無灌漑区との収量差の詳細な要因は不明であるが、播種後の地下灌漑は、収量の安定にも寄与するものと推察される。さらに、地下灌漑により主茎長が増加する傾向が見られたが、これにより最下着莢位置が高まればコンバインロスの軽減に有益である可能性も推察される。ただし、耐倒伏性の弱い品種では倒伏のリスクに留意する必要がある。

なお、播種直後の過剰な吸水は出芽に悪影響を及ぼす可能性も考えられる(中山ら, 2004)ため、地下灌漑の実施は播種日ではなく翌日以降に行う

方が安全だと推察される。また、本研究での地下灌漑量は13mm～25mmであった。播種後1週間程度の間、それに匹敵するような降水量

が見込まれる場合には地下灌漑は必要ではなく、あるいはそれ以上の降水量が予想される場合には地下灌漑を実施しない方がよいと推察される。

IV 摘要

北陸地域の重粘土転換畑での、梅雨前の乾燥時期に播種するダイズ作を対象に、播種後灌漑がダイズ生育に及ぼす効果を明らかにするため、北陸研究拠点（新潟県上越市）の地下水位制御システムが施工された水田転換畑圃場を用いて、2013年～2015年の3カ年にわたって試験を行った。ダイズ播種の3～5日後にFOEASの灌漑機能を利用した地下灌漑を1回のみ実施し、その後は無灌漑とする「灌漑区」と生育期間にわたって無灌漑とする「無灌漑区」とで、出芽、苗立ち、開花期の生育量および収量の違いを調べた。

結果は以下のように要約される。

- 1) 灌漑区では、播種後の地下灌漑によって表層まで水分が供給され、土壌水分（深さ10cm）および地下水位が高まった。播種から1ヵ月後以降は灌漑区と無灌漑区で土壌水分および地下水位に差異は無かった。
- 2) 3カ年とも、灌漑区では播種後の地下灌漑によって無灌漑区と比べて出芽が早まる傾向が見られた。また、2013年には無灌漑区では一部の畝で出芽率が大きく低下したのに対し、灌漑区では畝による出芽率のばらつきは小さかった。
- 3) 3カ年とも、開花期までの生育（LAI、主莖長、乾物重）は播種後の地下灌漑によって促進された。
- 4) 2014年には、灌漑区で百粒重が増加することによって子実収量が増加した。

以上の結果、北陸地域の重粘土転換畑において、播種前後の降水量が少ない条件においては、播種後の地下灌漑は出芽・苗立ちの安定化と初期生育の促進に有効であり、場合によっては最終的な収量を増加させる効果もあると考えられた。

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 有原丈二（2000）ダイズ安定多収の革新技術-新しい生育のとらえ方と栽培の基本。農文協, 東京.
- 3 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.
- 4 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。中央農業総合研究センター研究報告, 21, 1-23.
- 5 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。中央農業総合研究センター研究報告, 23, 1-22.
- 6 Matsuo, N., M.Takahashi, T.Yamada, M.Takahashi, M.Hajika, K.Fukami, S.Tsuchiya (2017) Effects of water table management and row width on the growth and yield of three soybean cultivars in southwestern Japan. *Agricultural Water Management*, 192, 85-97.
- 7 中山則和・橋本俊司・島田信二・高橋幹・金榮厚・大矢徹治・有原丈二（2004）冠水ストレスが発芽時のダイズに及ぼす影響と種子含水率調節による冠水障害の軽減効果。日本作物学会紀事, 73, 323-329.

- 8 高橋真実・大野智史・高橋明彦・中山則和・山本亮・関 正裕 (2016) 水田転換畑で栽培されるダイズの欠株に対する収量補償作用. 日本作物学会紀事, 85, 51-58.
- 9 高橋智紀・松崎守夫・塩谷幸治・細川寿 (2005) 転換畑におけるダイズの収量に及ぼす土壌特性の影響－新潟県上越地域の事例－. 中央農業総合研究センター研究報告, 6, 51-58.
- 10 高橋智紀・松崎守夫・細川寿 (2008) 重粘質転換畑における土壌鎮圧によるダイズ種子の吸水促進効果. 日本土壌肥料学雑誌, 79, 1-7.
- 11 竹田博之・佐々木良治 (2013) 転換畑ダイズ不耕起栽培における地下水位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. 日本作物学会紀事, 82, 233-241.
- 12 吉田修一郎・細川寿・足立一日出 (2013) 播種時の過湿・過乾燥リスクを伴う粘土質転換畑におけるダイズの適切な播種条件の解析. 土壌の物理性, 125, 17-27.

Effect of onetime subirrigation after seeding on the emergence, growth and yield of soybean (*Glycine max*) in a heavy clayey upland field in the Hokuriku Region of Japan

Tatsuo HOSONO^{*1}, Norikazu NAKAYAMA^{*1} and Masahiro SEKI^{*1}

Summary

Soybean is usually seeded in late May to mid-June (before rainy season) in Hokuriku region, when soil water tends to decrease to the level which inhibit or delay the soybean emergence. We studied the effect of onetime subirrigation after seeding on emergence, growth and yield of soybean. Soybean was seeded in a heavy clay converted field equipped with Farm-Oriented Enhancing Aquatic System (FOEAS) in late May in the Hokuriku Research Station, NARO-CARC, for three years (2013 - 2015, one cultivation period per year). In one treatment plot, subirrigation was applied within 5 days after seeding to raise the soil water content at 10 cm below the soil surface (SI plot). In the other, no irrigation was applied through the entire growing period (NI plot). In SI plot, no irrigation was applied after the initial irrigation. We also monitored soil water content and water table depth through each growing period.

The results are summarized as follows:

- 1) In SI plot, soil water content in soil surface layer (10cm depth from soil surface) and water table depth were raised by subirrigation. After a month later from subirrigation, no significant differences in soil water content and water table depth was observed between the plots.
- 2) Emergence of soybean was stimulated in SI plot compared with NI plot, in 3 years.
- 3) Until flowering, soybean growth (leaf area index, stem height and dry weight of whole plant) was stimulated in SI plot compared with NI plot, in 3 years.
- 4) Seed yield at harvest stage in SI plot was greater than that in NI plot in 2014 because of larger seed weight, while significant difference in seed yield was not observed in 2013 and 2015.

These results suggest that onetime subirrigation after seeding could stabilize the emergence, growth and yield of soybean in heavy clay converted field in this region.