

汎用水田におけるダイズ多収を目指した地下水位制御の試み

村上 章*・佐々木長市**・安中武幸***

Test of a Groundwater Level Control Scheme for Higher Soybean Yield in Multi-purpose Paddy Fields

Shou MURAKAMI*, Choichi SASAKI** and Takeyuki ANNAKA***

* Akita Agriculture, Forestry and Fisheries Research Center, Agricultural Experiment Station,
34-1 Genpachizawa, Aikawa, Yuwa, Akita, Akita, 010-1231, Japan

** Faculty of Agriculture and Life Science, Hirosaki University,
3 Bunkyo-cho, Hirosaki, Aomori, 036-8561, Japan

*** Faculty of Agriculture, Yamagata University,
1-23 Wakaba-machi, Tsuruoka, Yamagata, 997-8555, Japan

Abstract

In this study, we examined a groundwater control scheme to increase soybean yield in multi-purpose paddy fields. In a multi-purpose paddy field with a box connecting the irrigation canal to underdrain system and a flexible overflow relief well (denoted "the experimental plot"), the groundwater level was aimed to keep at 10 cm below the soil surface of the field during the blossom and maximum luxuriance stages, i.e. in August when much water is required for soybean growth. On the other hand, in another multi-purpose paddy field with a horizontal relief well (denoted "the conventional plot"), the outlet of the relief well was kept at 80 cm below the soil surface and was always opened. The study was conducted for two years on these plots. The actual groundwater level in the field, soil water content in the topsoil and the soybean yield were measured. In the first year, the actual groundwater level in the experimental plot in August was kept higher (13.4 ± 5.0 cm below the soil surface) as compared to that in the conventional plot (22.9 ± 7.5 cm). Soybean yield in the former was 25% higher than that in the latter, indicating the effect of the groundwater level control scheme. In the second year, the actual groundwater level in the experimental plot in September was kept higher (from 30 to 40 cm below the soil surface) as compared to that in the conventional plot (from 60 to 70 cm), and soybean yield in the former was 16% higher than that in the latter. Hydraulic conductivity in the plow layer and subsoil was found to become higher through the soybean cultivation. These results showed the possibility of higher yield in the soybean cultivation in multi-purpose paddy fields by adapting the groundwater level control scheme. It was also suggested that the groundwater level should be managed properly throughout the year to maintain low permeability of the subsoil.

Key words : Soybean, flexible overflow relief well, multi-purpose paddy field, blossom stages, groundwater level control

* 秋田県農林水産技術センター農業試験場（岩手大学大学院連合農学研究科生物環境科学専攻）〒010-1231 秋田県秋田市雄和相川字源八沢 34-1

** 弘前大学農学生命科学部 〒036-8561 青森県弘前市文京町 3

*** 山形大学農学部 〒997-8555 山形県鶴岡市若葉町 1-23

キーワード：ダイズ，伸縮性越流水閘，汎用水田，開花期，地下水位制御

1. はじめに

わが国のダイズ生産面積は、平成17年度には13万4千haで、そのうち水田転作が11万haと82%を占めている(農林水産省, 2006)。水田転作では、前作付け履歴が土壌の物理性や作物の生育に大きく影響する。秋田県を初め北東北の日本海側は排水不良のグライ土壌が多く、特に畑転換初年目は、排水性や砕土率などの土壌条件が悪いことから、収量・品質が不安定になりやすい。このため、水田転作で第1に対処しなければならないことは排水対策であり、基盤整備による暗渠排水施設の整備が実施されている。さらに第2の対処は、灌漑管理で畑作物の安定的な栽培や多収を図ることである。ダイズ栽培の水供給は天水依存であるため、梅雨後の寡雨時には、土壌の乾燥により生育不良となる恐れがある(有原, 2000)。水不足を回避するためには、水田の用水を利用した畦間灌水法(松下・浅生, 1988)、暗渠施設を利用した地下灌水法(例えば、友広, 1982; 伊藤・大西, 1988; 福本ら, 1992)などの灌漑管理がある。特に、地下灌水法は管理上、設備費などの点で一長一短があり、十分に普及されていないのが現状である。

有原(2000)はダイズ栽培と土壌水分の関わりの特徴に次の3点を指摘している。第1に発芽時のダイズは過剰水分状態を嫌うということである。それは土壌の還元状態による急激な酸素濃度の低下による発芽不良、およびそれ以降の生育障害をきたすからである。第2にダイズは、他の作物に比べて要水量が高い作物で(農林省農林水産技術会議編, 1972)、特に開花期~最大繁茂期にかけては多量の水分を必要とすることである。この期間は全体の70%以上の窒素を吸収する急激な生育時期にあたるためである。また、開花盛期までの窒素吸収は硝酸態窒素が多く吸収され、それ以降は硝酸還元酵素の活性が急速に低下するので吸収が抑制され、アンモニア態窒素の吸収が多くなる。第3に、根粒菌の活性は子実の肥大が始まるころから急激に低下してくるので、この活性を維持するための土壌の水分や通気性の管理が必要となることである。すなわち、ダイズ多収の栽培を実現するためには、根群域の土壌水分を生育ステージに応じて好適に制御する必要がある。

生育ステージに応じて地下水位を設定した灌漑試験は、世古ら(1987)やShimada *et al.* (1995, 1997)があるものの硝化抑制などの観点や大区画圃場での試験報告は見あたらない。また、これまでの地下水位の目安は常時水位が地表面下40cm前後であり(汎用耕地化のための技術指針編集委員会, 1979; 山根ら, 1997)、これ以上の高さにすることは収量を減らすとされてきた。また、

従来の地下水位調節は水閘の開放か閉鎖で、各作物が生育期別に必要とする地下水位を簡易に設定することはできなかった。

最近、藤森(2003)により地下水位調節システム「FOE-AS」(フォアス)が開発された。これは用水供給と排水機能を備えた用排水ボックスと地下水位を調節する水位制御機を配置したものである。またH社は、既存の暗渠に用水を取り入れる用水閘と越流水位を任意に調節できる越流水閘(安富ら, 2001)を開発した(以後「伸縮性越流水閘」と記す)。

本研究では、圃場整備された大区画汎用水田にH社製の用水閘と伸縮性越流水閘を設置し、農家栽培管理のもとでダイズ多収を目指す地下水位制御を試みた。具体的には、開花期以降~最大繁茂期に地表面に近い高排水位を設定してダイズ栽培試験を行い、生育時期に応じた地下水位コントロールの可能性、土壌水分の保持、従来の土壌水分制御に比べ過湿気味なコントロールによる多収の可能性および圃場の地下水位の周年管理の必要性について知見を得た。

2. 試験方法

2.1 圃場および栽培の概要

2.1.1 圃場概要

ダイズ栽培は2003年および2004年に行った。供試圃場は、秋田県仙北平野南東部の美郷町(旧山南村)に設置した。この地区は、2001年には圃場整備がされ、その際、緑肥としてエンバクが作付けされた。2002年には水稻が作付けされ、同年冬に暗渠が施工された。2003年のダイズ栽培は、暗渠に用水を供給する用水閘と排水側に伸縮性越流水閘(H社製)を設置した圃場(以後「試験区」と記す、面積0.8ha)と水平水閘を用いた暗渠排水口を作付期間を通して開放状態にした圃場(以後「慣行区」と記す、面積1.0ha)で行った。栽培前に試験区は、排水性を良くするために籾殻補助暗渠を施工(地表面下10cm~45cmの厚さ35cm、幅10cmに籾殻を充填、本暗渠と直交させ5m間隔に実施)した(図-1)。これらの圃場の土壌は細粒グライ土である。土壌の化学性(耕起直後に採取)は表-1に示したとおりである。なお分析は、土壌環境分析法(土壌環境分析法編集委員会編, 1997)により行った。

2.1.2 栽培概要

初年目(2003年)の基肥施肥量は試験区、慣行区ともに大豆専用2号(N-P₂O₅-K₂O=5-15-15%)を用いて窒素成分で10kg ha⁻¹を側条施肥した。2年目(2004年)は、基肥を試験区、慣行区ともに硫加燐安12号(N-P₂O₅-K₂O=13-17-12%)を用いて窒素成分26kg ha⁻¹を初年目と

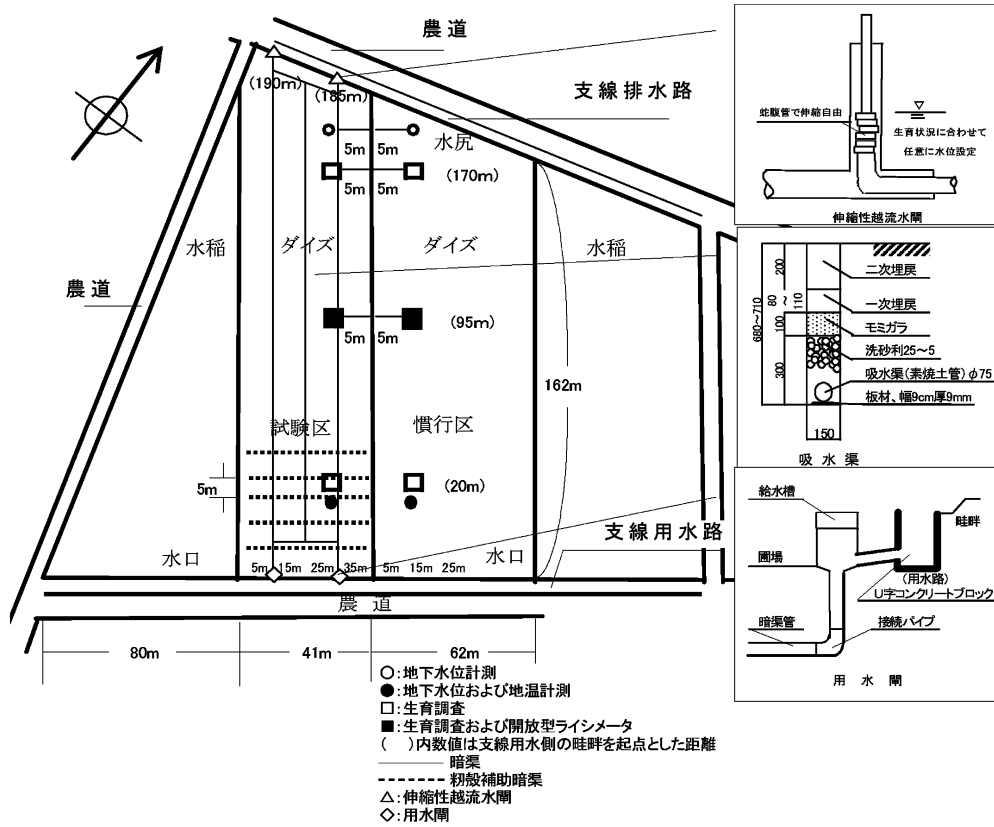


図-1 供試圃場
 Fig. 1 Test field

表-1 供試圃場の土壌の化学性

Table 1 Chemical properties of field soil

年 区	層位置 (cm)	pH		EC (mScm ⁻¹)	可給態磷酸 (トルオーグ) (mg kg ⁻¹)	全炭素 (T-C) (%)	全窒素 (T-N) (%)	C/N 比	陽イオン交換容量 (cmol kg ⁻¹)	交換性陽イオン			塩基飽和度 (%)
		H ₂ O	KCL							CaO (mg kg ⁻¹)	MgO (mg kg ⁻¹)	K ₂ O (mg kg ⁻¹)	
2003年 5/2採取	0-14 (作土)	5.1	4.1	0.06	117	3.9	0.33	11.8	31.6	3631	883	320	56.9
	試験区 14-24 (スキ床)	5.3	4.5	0.13	10	6.6	0.42	15.8	35.0	5002	1181	113	68.3
	24-35 (心土)	5.7	4.8	0.08	10	2.6	0.19	13.2	28.4	4657	1226	132	80.8
	慣行区 0-15 (作土)	5.1	4.2	0.06	130	4.2	0.34	12.4	31.4	3511	871	221	55.0
	15-29 (スキ床)	4.8	4.1	0.13	71	4.8	0.34	13.9	33.0	3491	1038	108	53.9
	29-44 (心土)	4.7	4.0	0.20	24	5.4	0.36	15.2	33.1	3163	1010	160	50.1
* 目標値 (作土)		6.0-6.5	5.5-6.0		200 以上				20 以上				80.0

*大豆指導指針 (秋田県農林水産部, 2004)

同様に側条施肥した。追肥は、両年ともに開花期に試験区および慣行区へ硫酸 (N=21%) を窒素成分で 42 kg ha⁻¹ を施用した。品種は初年目、2年目ともに秋田県奨励品種であるリュウホウ (秋田県農林水産部, 2004) を用いた。播種は、条間 85 cm, 株間 20 cm の平畝 1 粒播

きである。

耕起は、初年目では 5月30日および 6月3日に行い、2年目は 6月3日に実施した。播種は、初年目では 6月3日、2年目は 6月5日であった。中耕は、初年目が 7月6日と 7月23日、2年目は 7月3日に実施した。培土

は、初年目が7月29日で2年目は8月3日に実施した。また除草および病害虫の防除管理は本地区の農家慣行で行った。

気温および積算降雨量は、試験圃場に最も近い大仙市のアメダスデータによると以下のとおりであった。ダイズ栽培期間(5月~10月)の平均気温は、平年(18.5°C)に比べ初年目ではやや低く(18.2°C)、2年目は高い年(19.2°C)であった。積算降雨量は5~6月では初年目で平年(月平均降雨量127 mm)の53%減で、2年目は43%増で、7~9月は、初年目で平年(月平均降雨量181 mm)とほぼ同じで、2年目は26%増となった。また2年目は、8月6日の台風11号から変わった熱帯低気圧、8月20日の台風15号、8月31日の台風16号、9月8日の台風18号および9月30日の台風21号が秋田県に接近し、これらの影響を受けた。

2.1.3 ダイズ多収を目指す地下水制御の概要

多収ダイズ栽培を実現するためには、播種直後の圃場の水分過剰を抑えるために地下水を下げることと、開花期~最大繁茂期および子実肥大期にかけての急激な生長期間に水分供給をするために地下水を上げることの2点が重要と考えられる。このことから、地下水制御のイメージ概要を図-2に示した。

播種直後に土壌の乾燥程度で発芽に水供給が必要な場合は、用水閘による給水を行い、伸縮性越流水閘を地表面近くにあげる。その後、水分過剰を抑えるために伸縮性越流水閘を下げて、栽培の良好条件である地下水位とするため、地表面下40 cmを目標とする。この条件を開花期まで行う。開花期以降~最大繁茂期(おおむね8月の1カ月)は、伸縮性越流水閘を上げて、用水閘からの給水により地下水位を根域のほとんどを占める地表面

下10 cmを目標に維持する。用水の供給最終日以降は、土壌の乾湿状態による伸縮性越流水閘を下げて排水を促し、収穫機の稼働に支障のない地耐力の維持に務めることとし、これらを地下水制御の基本とした。これに対し一般農家の栽培は、作付け期間を通して暗渠排水口を開放した状態で行われている。

2.2 測定項目および方法

2.2.1 地下水位

地下水位は、圧力センサ式地下水位センサ(エム・シー・エス社製)を、水口側から20 mの水口と170 mの水尻の地点に塩ビパイプ(φ15 cm×150 cm)を地上から90 cmの深さまで埋めた(図-1)。この塩ビパイプの地中90 cmから40 cm間には5 cm毎にφ10 mmの穴を周当たり4穴の合計40穴を開けた。なお初年目は水口部の1地点のみで、2年目はさらに水尻部を加えた2地点で測定パイプを設置した。比較検討には午前9時のデータを用いた。

また同じ位置に、地温計測のため温度計測データロガー(TR71S(株)ティアンドディ社製)を設けた。測定深は、初年目には地表面下5 cm、10 cmおよび20 cmに、2年目は地表面下5 cm、10 cm、20 cmおよび50 cmとした。

開放ライシメータ(佐々木ら、1998)による酸化還元電位(Eh)の調査を2年目に行った。装置は、6月14日に圃場の水口側から95 m地点に畦畔を挟んで対称位置(5 m)に設置した(図-1)。Ehメータ測定用電極(本体:UC-23型, ORP電極:702 E型, セントラル科学社製)を、地表面下5 cm、10 cm、20 cmおよび35 cmに設置した。

2.2.2 土壌の水分分布

土壌の水分分布は、TDR 土壌水分測定器(中村理工

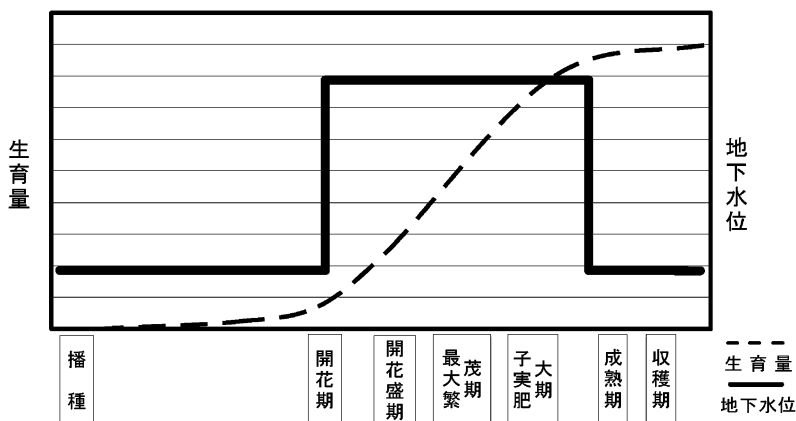


図-2 多収ダイズのための地下水制御の考え方

Fig. 2 Schematic diagram of groundwater control to increase soybean harvests

業製)を用いて、初年目に実施した。センサのロッド長は10 cmに加工し、測定深は0 cm~10 cmである。圃場を20 m×5 mの格子状に区分し、その中心部の地点毎に3回繰り返し計測し平均値を求めた。計測は5月2日と6月9日に行った。5月2日は耕起前の計測で、6月9日は、播種後(6月3日)に降雨がなかったために6月7日に行った用水閘の給水後の計測である。

2.2.3 土壌の物理性

供試圃場の土壌の物理性として、三相分布、粗孔隙、乾燥密度および透水係数を測定した(土壌環境分析法編集委員会編, 1997)。

2.2.4 生育状況、収量および収量構成要素

生育調査は、主茎長と節数について生育時期別に平均的な20株を測定した。収量および収量構成要素の調査

は、初年目に慣行区は10月14日、試験区は10月20日に各々2 m×3 畝を圃場中央部から採取し、2年目は10月8日に2 m×3 畝を水口部、中央部および水尻部の3ヵ所から採取し、子実重および収量構成要素を調査した。両年とも篩で選別した粒厚5.5 mm以上の種子を対象に子実重を測定した。

3. 結果と考察

3.1 地下水位の変化

初年目および2年目の地下水位の変化を図-3に示した。初年目の圃場は、6月3日の播種以降に降雨がなかったため、6月7日に用水閘による給水をした。その際、伸縮性越流水閘を地表面下10 cmに設定した。給水時間は約8時間であった。その後、伸縮性越流水閘の設

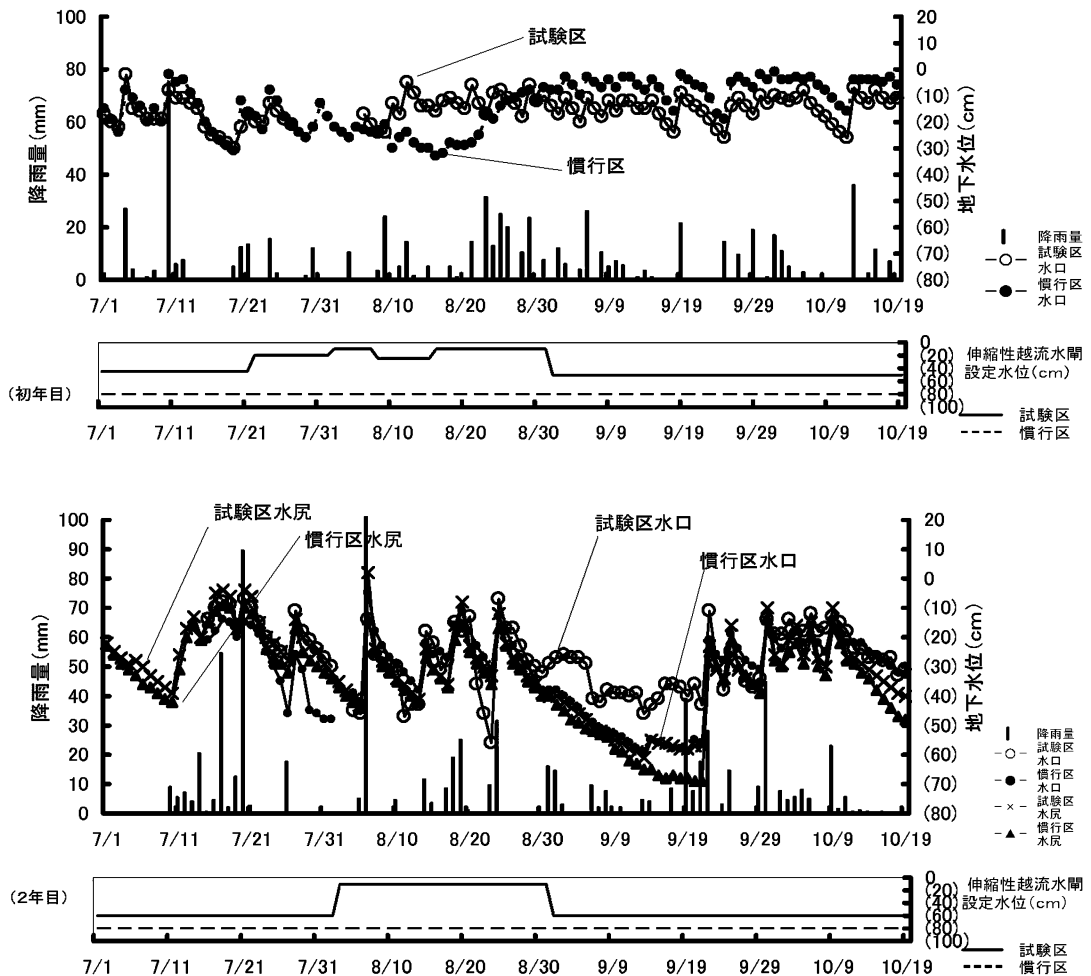


図-3 地下水位の変化

Fig. 3 Changes of groundwater level in test field

定を圃場の凹凸を考慮して45 cmとし、開花期の7月22日～7月31日は20 cmとした。その期間の地下水位は、7月1日～7月21日では試験区が 18.0 ± 6.8 cmで慣行区が 16.1 ± 8.2 cmであった。7月22日～7月31日では、試験区が 18.2 ± 3.1 cm (7月25～8月5日はデータ欠損)で慣行区が 18.5 ± 5.9 cmであった。8月1日～8月31日の試験区は、伸縮性越流水閘を地表面下10 cmまたは25 cmに設定し、8月1日、8日、10日、16日、19日、23日および31日に用水閘による給水を行った。給水時間は8時間程度であった。この期間の地下水位は試験区が 13.4 ± 5.0 cmで慣行区の 22.1 ± 7.5 cmに比べ高く推移した。このことから、必要な時期に地下水位を上げることや根圏の位置までは水位を維持できる可能性のあることがうかがえた。この一因として、難透水性の細粒グライ土の存在により損失水量が少ないことが考えられた。8月23日～8月29日にかけての総雨量123.5 mmにより、慣行区の地下水位は10 cm程度まで上昇し、9月以降は試験区に比べ地下水位は高い状態となり、収穫までのこの期間の試験区は 14.9 ± 4.2 cmで、慣行区は 6.4 ± 4.1 cmとなった。以上のことから両区ともに十分に排水性を得ることができず、暗渠および柵殻補助暗渠の機能が十分に果たせていないことが分かった。

2年目は、播種時に降雨があったので播種直後の用水閘による給水は行わなかった。初年目は、排水性不良により地下水位が高く経過したことから、伸縮性越流水閘を60 cmとして排水を促し、8月1日まで維持した。7月1日の水尻での地下水位は、試験区で22 cm、慣行区で23 cmであったが、7月10日の降雨まで低下し続け、7月10日の地下水位は試験区39 cm、慣行区42 cmとなり、栽培の良好条件である地下水位40 cmの圃場となった。このような地下水位の低下は、7月27日～8月5日および8月6日～8月13日でもみられた。降雨によって地下水位の変動が生じることが確認された。8月3日～8月31日は、伸縮性越流水閘を10 cmに設定し、用水閘による給水を行ったが、台風や降雨により8月3日、13日、21日および24日と給水回数は少なくなった。この期間の地下水位は、試験区の水口が 29.2 ± 12.4 cmで、水尻が 29.6 ± 10.5 cmであった。慣行区は水口が 26.3 ± 9.2 cmで、水尻が 32.0 ± 8.1 cmとなった。天候の不順にもかかわらず、地下水位を10 cmに維持することができなかった。8月24日以降、各区ともに地下水位は下がり、試験区水尻、慣行区水口および水尻で徐々に低くなり、特に慣行区水口では、9月12日～9月21日には塩パイプ内の水が枯れた。9月1日～9月21日の最大繁茂期～子実肥大期にかけて、水口、水尻のいずれでも試験区が慣行区に比べ高い地下水位となった。特に試験区水口

は36 cm～46 cmを維持した。9月19日～9月22日の総降雨量92 mm以降は、収穫期まで両区の水口、水尻で地下水位に大きな違いはなくなった。このように2年目は、初年目の排水性の悪い圃場から排水性の改善された圃場となった。これは、ダイズ作付けによる深部まで侵入した腐朽根穴の増加 (Nyle and Ray, 2002) および心土層にいたる亀裂が入ったためと考えられた。

以上のことから、初年目は排水性の悪い圃場条件であったので地下水位を上げることおよび維持することが可能であり、2年目は排水性の改善された圃場となったために地下水位を上げることや維持することが困難であったと考えられた。しかし、2カ年ともダイズの開花期以降～最大繁茂期や子実肥大期に地下水位の差が生じる栽培となり、収量への影響の検討が可能と推察された。また、年間を通した圃場の地下水位管理が重要で、心土層へ亀裂を生じさせない周年管理が必要と考えられた。

3.2 地温の変化

初年目の8月6日～8月31日の地温は、地表面下5 cmで試験区 22.5 ± 1.4 °C、慣行区 22.7 ± 1.5 °Cと差は認められなかった。10 cmでも試験区 22.3 ± 1.2 °C、慣行区 22.4 ± 1.2 °C、20 cmでも試験区 22.0 ± 0.8 °C、慣行区 22.0 ± 0.9 °Cと差異はなかった。これは2年目でも初年目と同じ傾向であった。また、作付け期間中の各深さで、試験区、慣行区の地温に大きな差異はなかった。これらのことから、この圃場では地下水位の違いで根域地温に大きな違いはないものと考えられた。

3.3 Ehの変化

地下水位の変動は、土中の気相率の変動をもたらし、土中の酸素濃度およびEhへの影響が考えられる。さらには、土壤窒素の硝酸化成や根および根粒菌の活性へも影響すると考え、2年目には開放ライシメーターを設置し、根域のEhの変化を調査した。6月16日～10月10日(収穫日)の試験区の地表面下5 cmの測定値は309 ± 149 mVで、同様に10 cmでは266 ± 173 mVとなった。同期間の慣行区の5 cmでは437 ± 81 mVで、10 cmでは358 ± 162 mVと両区とも酸化に変化した。今回の結果では、慣行区が試験区に比べやや酸化還元電位は高かった。両区とも酸化的原因は、地下水位が下がり空気層への進入があったためと推察される。また、収穫期の根の観察では、両区とも根腐れは認められなかった。

以上のことから、両区の根圏は常時酸化的に保たれ、土壤還元による根への危険性が少ないことが判明した。なお土壌は常時酸化的で土壤窒素の硝酸化成が懸念された。地下水位のコントロールによる土壤窒素の硝酸化成

付け前の作土層は、試験区が慣行区と比べ気相率と粗孔隙で高く、固相率で低かった。第2層のスキ床層については、試験区が慣行区に比べ、液相率と粗孔隙で高く、固相率と乾燥密度で低かった。第3層の心土層では、気相率、粗孔隙および乾燥密度で試験区が高かった。

ダイズ2年作付け後の両区の作土層は、気相率と粗孔隙で初年目の作付け前よりも高くなり、畑地化が進んだと判断された。スキ床層は、気相率と粗孔隙で初年目に比べ両区とも低くなった。心土層は初年目に比べ、液相率、気相率および粗孔隙で試験区が高く、固相率で慣行区が高くなった。透水係数は、初年目に比べ2年目では両区ともに作土層で透水性は良好となり、スキ床層では大きな違いはなく、心土層は透水性のある層位となった。

以上のことから、ダイズ連作により作土層の畑地化が進み、心土層の透水性も改善されたために、土壤水分や地下水位の制御を難しくする結果となった。

土壤の水分をコントロールするには、透水性の良い作土層を作ることと、心土層を初年目のような透水性不良状態に維持することが必要と考えられた。一般に作付け以後の暗渠は開放状態で管理されることから、地下水位管理は作付け期間に限らず年間を通じて管理することの重要性が考えられた。

3.6 生育状況、収量および収量構成要素

3.6.1 生育状況

生育状況について、図-5に示した。初年目の主茎長

は、8月1日および9月9日では両区で差はなかったが、収穫期には試験区が54.1cmで、慣行区が56.8cmと試験区がやや低かった。節数では、収穫期には試験区が13.3、慣行区が13.6となった。成熟期の生育は、試験区が慣行区に比べ黄葉になるのが約1週間遅く、登熟期間の延長が観察された(写真-1)。根の調査については今回実施しなかったが、酸化的な環境での根の活性は高いといわれている(有原, 2000; 金田ら, 2004)。9月以降の地下水位は、試験区が慣行区に比べ低い状態となった。このことより、粉穀補助暗渠による排水性改良の効果が根の活性の維持につながったと考えられた。

2年目の主茎長は、生育初期から慣行区が、試験区に比べやや高く変化し、収穫期では、試験区が40.0cmで、慣行区が42.3cmとなった。節数では、両区に差異はなく、収穫期には試験区が10.9、慣行区が11.4となった。主茎長、節数ともに初年目に比べ両区の生育は劣った。これは、開花期以降の水供給が十分でないために生育が劣ったと推察された。これらのことから、生育状況では両区に大きな違いは認められないと判断された。

3.6.2 収量および収量構成要素

表-3には収穫期における子実重と主な収量構成要素を示した。初年目、2年目ともに、茎太は試験区が太く、1英内粒数は試験区が慣行区に比べて多くなった。莢数についてみると初年目は、試験区では515莢 m^{-2} と慣行区の439莢 m^{-2} に比べ17%多かった。2年目は試験区502莢 m^{-2} で、慣行区の447莢 m^{-2} に比べ12%多かっ

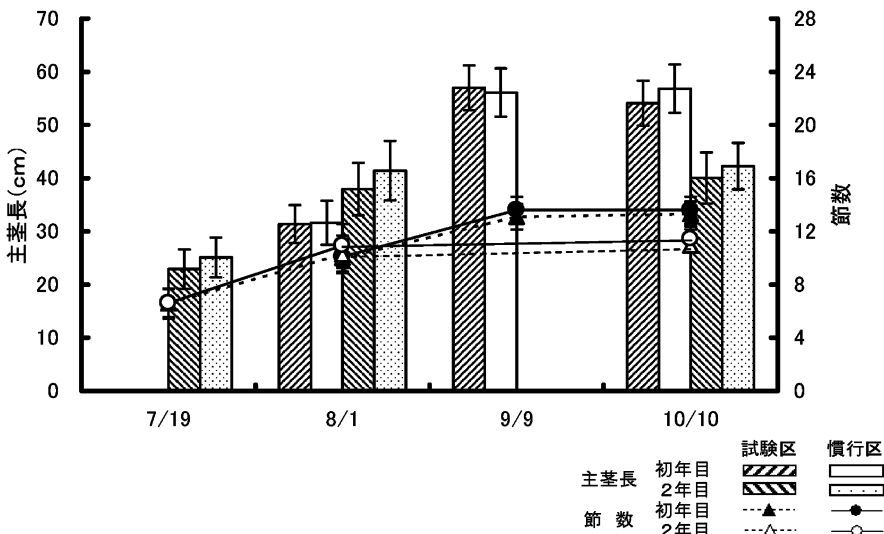


図-5 生育状況 (主茎長および節数)

Fig. 5 Development of main stem length and node per plant



写真-1 成熟期（9/30）の生育状況（左：慣行区，右：試験区）

Photo 1 The appearance of soybeans at maturing stage (30 September)

表-3 収量および収量構成要素

Table 3 Growth, yield and yield component

年	試験区	成熟期の形態		収量及び収量構成要素					
		分枝 (本)	茎太 (mm)	全重 (kgm ⁻²)	子実重 (kgm ⁻²)	同左比 (%)	百粒重 (g)	1 莢内粒数 (粒莢 ⁻¹)	莢数 (莢 m ⁻²)
初年目	試験区	5.6	8.3	0.57	0.28	125	32.5	1.82	515
	慣行区	5.5	7.0	0.46	0.23	(100)	31.7	1.74	439
2年目	試験区	4.8±0.1	6.5±1.1	0.44±0.08	0.26±0.05	116	28.0±0.2	1.81±0.04	502±83
	慣行区	5.0±0.4	5.6±0.5	0.37±0.04	0.22±0.02	(100)	28.1±0.6	1.75±0.04	447±48

初年目：播種日（6月3日），開花期（7月22～28日），収穫日（慣行区10月14日，試験区10月20日）

2年目：播種日（6月5日），開花期（7月25日～8月1日），収穫日（10月8日）

2年目は，各調査項目について Tukey 法によりそれぞれ有意差はなかった。±の数値は標準偏差を示す（n=3）。

た。その結果子実重は，初年目では試験区が 0.28 kg m^{-2} と慣行区の 0.23 kg m^{-2} に比べ 25% 増収した。2年目は試験区が 0.26 kg m^{-2} で慣行区の 0.22 kg m^{-2} と 16% の増収となった。収穫位置では試験区は水口部，中央部，水尻部の順に多くなり，慣行区は水口部と水尻部が同量で次いで中央部となった。

莢数は，開花期～最大繁茂期および子実肥大初期初めにかけて決定されるといわれている。初年目は8月の開花期以降～最大繁茂期，2年目は子実肥大初期にかけての試験区が慣行区に比べ高い地下水位で，水の供給が優れていることが増収の要因の一つと考えられた。

これらの結果は地下水位以外に大きな違いのない条件での生育収量と推察した。今後，地下水位の相違による室内実験で細密調査を実施する予定である。

4. おわりに

本暗渠および柵殻補助暗渠を施工した農家の大区画汎用水田で，用水閘と自由に排水位を設定できる伸縮性越流水閘を設置し，ダイズ多収を目指す地下水位制御を試みた。試験圃場（試験区）は，多くの水分を必要とする開花期以降～最大繁茂期（おおむね8月の1カ月）に地表面下 10 cm の排水位に設定し，慣行の暗渠圃場（慣行

区)でダイズ栽培を行い、圃場環境および生育収量について検討した。

初年目は、開花期以降～最大繁茂期の試験区の地下水位は、試験区が 13.4 ± 5.0 cmで慣行区の 22.1 ± 7.5 cmに比べ高かった。初年目圃場は水田からの転換初年目にあたり、排水性の悪い、容易に高い地下水位となった。2年目は土壌の畑地化が進み排水性の改善された圃場となり地下水位の変動が大きく、この期間の地下水位を上げることや維持することは困難であった。しかし、多くの水を必要とする最大繁茂期～子実肥大期にかけて試験区が慣行区に比べ高い地下水位となり、水の供給が優っていた。2カ年とも、両区で地下水位の差が一定期間認められる条件下での栽培となった。

初年目の播種後の用水閘からの給水による体積含水率は、試験区が慣行区に比べ高い水分分布で、用水閘からの給水により暗渠を通して十分に水が供給され、土壌水分を維持できることがうかがえた。

ダイズ2年作付け後の試験区と慣行区の作土層では、気相率と粗孔隙で初年目の作付け前よりも高く、スキ床層は、気相率と粗孔隙で初年目に比べ両区とも低くなった。心土層では、液相率、気相率および粗孔隙で試験区が高く、固相率で慣行区が高くなった。透水係数は、両区ともに作土層で透水性は良好となり、スキ床層では大きな違いはなく、心土層は透水性の高い層位となった。

根域の地温は、試験区、慣行区で両年とも地下水位の違いで大きな差異はなかった。

2年目の地表面下5 cm, 10 cmの栽培期間中のEhは、試験区、慣行区で大きな違いは認められず根圏は常時酸化的に保たれ、土壌還元による根への危険性が少ないことが分かった。

収穫期の主茎長は、2年間とも試験区が慣行区に比べてやや低く、節数では同程度であった。主茎長、節数ともに初年目に比べ両区の生育は劣った。茎太および莢数は、2カ年とも試験区が慣行区より優っていた。子実重は、試験区が慣行区より初年目で25%、2年目は16%の増収となった。

以上の結果より、用水閘と排水位を自由に、設定できる用水閘を用いた農家圃場でのダイズ多収を目指す地下水位制御の試みは、地下水位を生育時期でコントロールができる可能性のあること、地下水位以外に大きな違いのない条件での栽培から土壌水分の保持、従来の土壌水分制御に比べ過湿気味なコントロールによる多収の可能性が指摘された。地下水位制御は、透水性の良い作土層と、心土層を難透水性に維持する圃場条件が重要であり、圃場の地下水位の周年管理の必要性が示唆された。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり、現地圃場の農家の方、ホーネン(株)、秋田県仙北地域振興局普及指導課から協力をいただいた。また、秋田県農林水産技術センター農業試験場(旧秋田県農業試験場)の職員には、現地圃場の籾殻補助暗渠の施工、現地調査、試料分析に助力を受けた。記して各位に謝意を表します。

引用文献

- 秋田県農林水産部(2004):大豆指導指針, pp. 8-10.
 有原丈二(2000):ダイズ安定多収の革新技術, pp. 1-235, 農文協, 東京.
 土壌環境分析法編集委員会編(1997):土壌環境分析法, pp. 21-24, pp. 48-69, pp. 195-197, pp. 202-204, pp. 208-211, pp. 215-216, pp. 222-231, pp. 267-269, 博友社, 東京.
 藤森新作(2003):低コスト地下灌漑システム「FOEAS」, 農業技術体系, 作物編8, 追録25, pp. 技1028の2-1028の7), 農文協, 東京.
 福本昌人・深山一弥・小川茂男(1992):粘土質転換畑における地下灌漑の適用性, 土壌の物理性, **64**: 11-20.
 汎用耕地化のための技術指針編集委員会(1979):汎用耕地化のための技術指針, (社)農業土木学会, pp. 1-120.
 長谷川周一(1986):転換畑土壌中の水分移動, 土壌の物理性, **53**: 13-19.
 井上浩一郎・曳野玄三夫・須藤健一・加護谷栄華・澤田富野・中尾政輝(1986):汎用化圃場における大豆の生育, 収量, 第2報播種期・播種密度ならびに灌水の効果, 兵庫県農業総合センター研究報告, **34**: 37-40.
 伊藤邦夫・大西 将(1988):大豆作における地下かん水法. 農業技術. **43**: 127-129.
 金田吉弘・佐藤 孝・古田規敏・生野みどり・小林ひとみ・太田 健・進藤勇人・佐藤 敦(2004):重粘土転換畑における土壌水分環境がダイズの根圏活性に及ぼす影響. 土肥誌, **75**: 185-190.
 松下真一郎・浅生秀孝(1988):転換畑大豆における畦間かん水の効果. 農業技術. **43**: 125-127.
 農林省農林水産技術会議編(1972):畑地かんがい, pp. 19-22.
 農林水産省(2006):農林水産統計データ, <http://www.maff.go.jp/www/info/index.html>.
 Nyle C Brady and Ray R Well(2002): The Nature and

- Properties of Soil Thirteenth Edition : pp. 152-159.
- 佐々木長市・小関 恭・富田道久・小黒仁司・谷口 健 (1998) : 開放ライシメータを用いた水田土壌の酸化還元電位および土壌溶液の調査, 土壌の物理性, **80** : 33-40.
- 世古晴美・佐村 董・加護谷栄章・二見敬三・吉倉惇一郎・沢田富雄・青山喜典 (1987) : 排水改良転換畑における大豆栽培の多収安定化 第3報地下水位の高低と灌水の影響. 兵庫県農業総合センター研究報告. **35** : 21-23.
- Shimada, S., Kokubun, M. and Matsui, S. (1995) : Effects of Water Table on Physiological Traits and Yield of Soybean. I. Effects of water table and rainfall on leaf chlorophyll content, root growth and yield. *Jpn. J. Crop Sci.*, **64** : 294-303.
- Shimada, S., Kokubun, M. and Matsui, S. (1997) : Effects of Water Table on Physiological Traits and Yield of Soybean. II. Effects of water table and rainfall on leaf water potential and photosynthesis. *Jpn. J. Crop Sci.*, **66** : 108-117.
- 友広啓二郎 (1982) : 水田と転換畑における地下かんがい技術, 農業および園芸, **57** : 779-783.
- 山根一郎・浜田竜之介・吉永長則・浅見輝男・松田敬一郎・佐久間敏雄・小林達治・湯村義男 (1997) : 土壌学, pp. 192-195, 文永堂出版, 東京.
- 安富六郎・多田 敦・山路永司編 (2001) : 農地工学, pp. 42-45, 文永堂出版, 東京.

要 旨

本研究では、大区画汎用水田でダイズの多収を目指し地下水位のみを制御した栽培試験を試みた。試験圃場（試験区、伸縮性越流水閘使用）は、多くの水分を必要とする開花期以降～最大繁茂期（8月）に地下水位を地表面下10cmに設置し、慣行圃場（慣行区、水平水閘使用）は、地表下80cmで水閘を周年開放とした。

その結果、初年目では、8月の試験区の地下水位は慣行区に比べ高くなった。2年目は8月末から9月にかけて試験区が慣行区に比べ高い地下水位となった。ダイズ2年作付け後の両区の作土層の気相率と粗孔隙は初年目の作付け前よりも高く、畑地化が進んでいた。透水係数は、経年的に両区ともに作土層および心土層が良好となり、スキ床層では大きな違いは認められなかった。ダイズの生育は、両年も生育期間を通して、主茎長、節数で慣行区がやや優っていたものの、子実重は試験区が慣行区に比べ初年目で25%の増収となった。2年目は16%の増収となった。

以上のことから、一般圃場で簡易に地下水位を生育時期でコントロールができる可能性のあること、従来の土壌水分制御に比べ過湿気味なコントロールによる増収の可能性が指摘された。また、地下水位制御においては、透水性の良い作土層と、心土層を難透水性に維持する圃場条件が重要であり、圃場の地下水位の周年管理の必要性が示唆された。

受稿年月日：2007年7月10日

受理年月日：2007年9月21日