地下かんがいシステム普及推進事業

暗渠・補助暗渠排水工と地下かんがいを組み合わせた

地下かんがいシステム利用マニュアル

2018年2月

秋田県農林水産部農地整備課
秋田県農業試験場

目　　次

はじめに　・・・

は　じ　め　に

秋田県農業の競争力強化と体質強化を図るためには、基幹作物である米の競争力を強化するとともに、全国第３位の面積を誇る広大な水田を有効に活用して、大豆等の土地利用型作物や野菜・花きなどの園芸作物の作付けを推進し、米に大きく偏重した生産構造を改革する必要があります。そこで本県では、湿生植物である水稲以外の作物を安定生産するためには、ほ場の排水性が重要であるとの認識から、暗渠排水や籾殻補助暗渠施工による水田の排水対策の強化に取り組んできました。

一方、本県では５月下旬～６月中下旬の梅雨前、梅雨明け後の７月下旬～８月下旬は、時として干ばつとなり、生育の遅延や収量が減少する場合があります。「地下かんがいシステム」は、暗渠・籾殻補助暗渠を基本に、その暗渠管に用水を注水できる機能を加えたもので、「排水」と「かんがい」の２つの効果を有するものです。加えて、暗渠管に用水を注入して洗浄することで、排水機能を回復できる特徴があります。このような機能を有する「地下かんがいシステム」を整備することで、水田においても大豆等の土地利用型作物や野菜・花きなどの園芸作物を安定して生産することが可能になると考えられます。また、本県では、野菜・花きなどの園芸作物の産地づくりを重点的に進めてきた結果、エダマメ、ネギ、リンドウ、ダリア等の産地拡大が進んできていますが、生産性向上や競争力強化によるトップブランド産地の形成を目指すためには、メガ団地をはじめとする多様な大規模園芸拠点づくりを全県に展開していく必要があります。

本マニュアルは、このような背景をもとに作成しましたが、まずは、生産者の皆様に「地下かんがいシステム」の仕組みと使用方法を理解していただくことに重点を置きました。その上で、園芸作物の野菜・花きを取り上げ、本システムを活用した安定生産に向けた栽培のポイントと土壌水分管理について解説しました。第１章では、「地下かんがいシステム」の仕組みと構造、大豆や野菜・花きなどを導入する際に最も基本となる排水の効果、干ばつ時における地下かんがいの具体的な使用方法を解説しました。加えて、本県の気象と土壌水分の特徴に合わせた地下かんがいの給水方法を解説しました。第２章では、本県で作付けを推奨している重点野菜５品目（エダマメ、ネギ、アスパラガス、スイカ、キャベツ）、重点花き３品目（小ギク、ダリア、シンテッポウユリ）における栽培のポイントと土壌水分管理について記載しました。第３章では、本システム導入にあたっての留意点を記載し、第４章では、「地下かんがいシステム」の排水とかんがいの効果に関する事例を紹介しました。

本マニュアルは、平成27～29年度に実施した「地下かんがいシステム普及推進事業」による研究成果をはじめ、これまでの知見をもとに作成したものです。本マニュアルが大豆等の土地利用型作物や野菜・花きなどの園芸作物の安定生産のための一助となるとともに、生産者が収益性の高い野菜・花きの栽培に、新たに取り組んでみようというきっかけになることを祈念いたします。

「地下かんがいシステム」の効果

Ⅰ　水田転換畑での排水が良好になります

大雨でも

速やかに排水します

Ⅱ　地下から、かんがいすることができます

畝間が湿っています

- 茎葉を濡らさずに給水します
- 土の表面構造を壊しません
- 必要な分だけ給水します

Ⅲ　暗渠の排水機能が回復します

詰まった暗渠管も

水を流してきれいにします

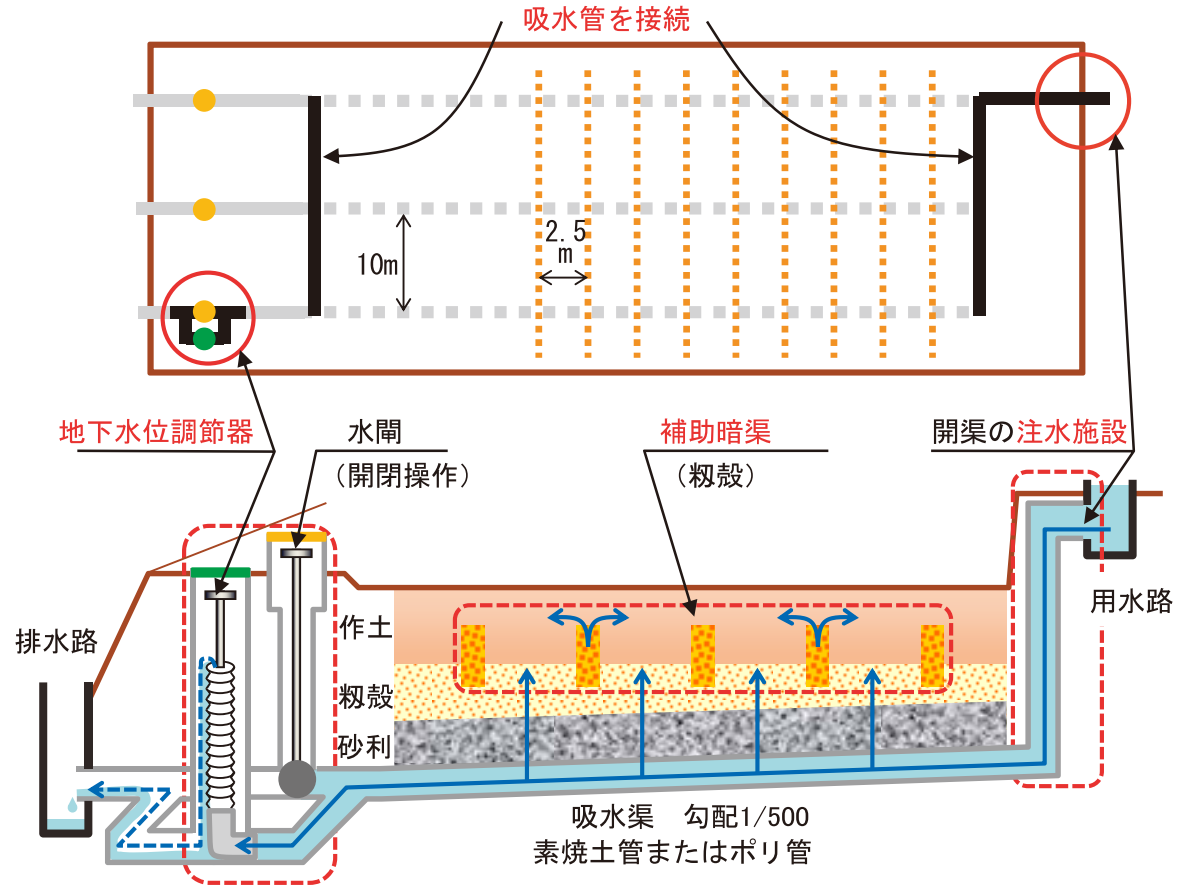
第一章

暗渠・補助暗渠排水工と地下かんがいを組み合わせた「地下かんがいシステム」の仕組みと水の流し方

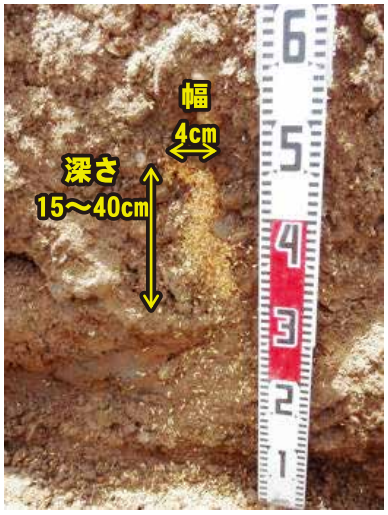
1．「地下かんがいシステム」の構造

地下かんがいとは、暗渠排水の吸水管に用水を注水し、地下から水を上昇させて作物へ給水するかんがい方法です。

地下かんがいシステムは、既設または新設の暗渠を基本に、ほ場の上流側には用水路から暗渠に水を供給するための注水施設、下流側には暗渠に注水されたかんがい水の水位を調整する地下水位調節器を備えています。さらに、地下から上昇させたかんがい水をほ場全体に広げるため、吸水渠と直交するように2.5m間隔で籾殻補助暗渠を施工しています（図１）。



下流側の水位調節器



籾殻補助暗渠の土壌断面

上流側の注水口

図１　地下かんがいシステムの概要

2．水閘および地下水位調節器の仕組みと操作手順

○仕組み

地下かんがい用の水閘は、暗渠の開閉栓に地下水位調節器が付属しており、水閘を閉じると地下水位調節器にかんがい水がバイパスします（図２）。

地下かんがいや暗渠洗浄を行う時は、調節器を目標の地下水位に設定し、上流側から暗渠管へ用水を注水します。十分な時間が経過して、かんがい水が設定水位付近に到達すると、調節器内管からかんがい水がオーバーフローし、余剰水は自動的に排水されます。このため、設定以上に地下水位が上昇しないようになっています。

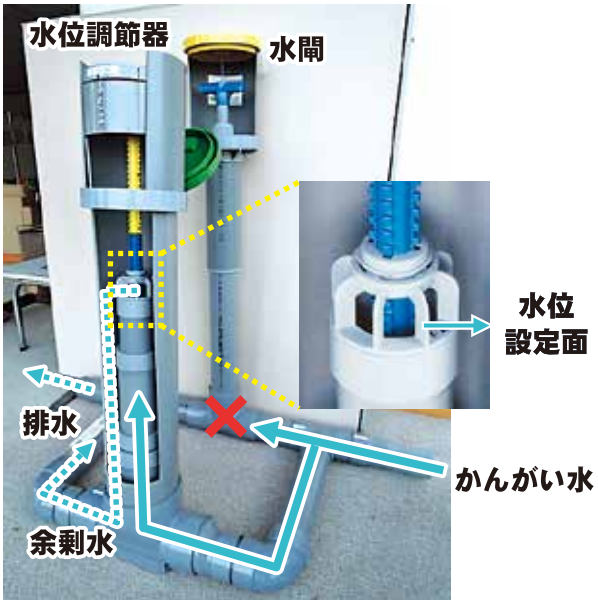


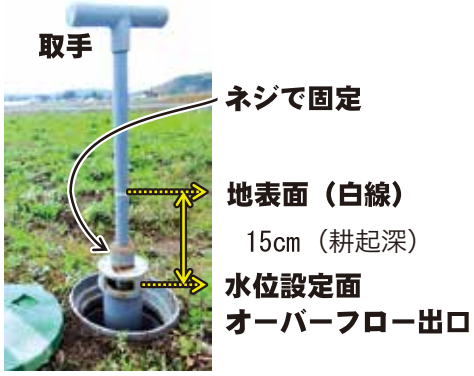
図２　地下かんがい時の水の流れ

○操作手順

給水

（1）　調節器（水尻側）の操作

①ほ場の全ての水閘を閉じます（押込みます）。
　畑利用の場合、平時は水閘を開放しています。
②水位調節器内管の取手を持上げ、目標とする地下水位高にセットします。
　調節器には種々あります。例えば、右写真の調節器は支柱パイプにある線（浅い溝：10cm 間隔）に合わせて、ネジを固定するタイプです。
③調節器の取手を下がりきるまで押込みます。



（2）　注水口（水口側）の操作

④エア抜きのキャップを開けます。
⑤用水路の水深を上げます。
　注水口が水没する以上の高さにします。
⑥注水口のふたを開け、中から多孔パイプ（コルゲート管）を引出し、ふたを挟んで固定します。
　注水口の多孔パイプは刈草や大きな藻が暗渠管内に入って詰まるのを防ぐためにありますが、藻などのゴミがパイプにからまります。
　注水口への流量が減り、目標の地下水位に到達しない場合があるため、適宜取り除きます。

排水

注水口、調節器をそれぞれ給水と逆の順序で操作します。

水稲作の場合の設定

水稲で地下かんがいを利用しない場合は、通常どおり、湛水期間中に暗渠水閘を閉じますが、田面の湛水深を維持するため、調節器は田面＋ 20cm にセットします。

3．水の流し方と確認のしかた

○地下かんがいの給水方法

時　期

・品目ごとの土壌水分管理のポイント（第２章）から判断します。

判　断

・給水前10日間に20mm以上のまとまった降雨がなく、給水後１週間に天気予報で５mm/日以上の降水がない場合。
　または、
・深さ15cmの土壌水分がpF2.5以上に乾燥した場合。
　※給水前後のpF値の変化から、作土への水の補給も確認できます。

手　順

・調節器の設定水位を耕起深（10～20cm）とします。
・給水期間は、１～２日とします。
・かんがい終了後は、水閘を開放して強制排水します。

★補足

・作物の生育盛期の降雨は葉で遮断され、全てが地表に浸みこむわけではありません。**日降水量５mm以下では、作土の水分が増加しない場合が多くあります。**
・**１～２日間、給水しても十分に浸みていない場合があります。その場合でも下層には水が浸透しているので、長期間の給水は下層を還元状態（土壌の酸素が欠乏している状態）にさせ、根の酸素呼吸が妨げられて根腐れを起こします。**
・土壌水分の観測はテンシオメータ（pFメータ）を用い、土壌水分の乾湿を「pF」で判断します。pF0は、土壌の隙間が水で飽和している状態で、数値が大きくなるにつれて乾燥の程度が強くなります。pF1.5以下は過湿、pF3.6以上では作物がしおれ始めます。

ここに提案した方法でも、かんがいによって作土に水が補給できない場合があります。これについては、**「第３章　２. 地下かんがいが困難なほ場」**（p.25）を参照してください。

○ほ場でのかんがい水の確認方法

ほ場表面の浸潤域で確認

・地下かんがいを行い、数時間～１日経過後にほ場表面に水が浸みている箇所（浸潤域）を目視できる場合があります。
・畝間は、浸潤域の確認が容易です。

ほ場内の穴で確認

・スコップで耕起深（15cm程度＝スコップ面の約３分の２）まで掘り、かんがい水を確認します。
・ほ場内に（額縁）明渠を施工していれば、補助暗渠施工箇所で水が浸み出るので、容易に確認できます。

地下水位の観測

・塩ビ管（全長80cmで、下30cmの管側面に径３mm程度の孔を放射状に５cm間隔であけたもの）を深さ60cmまで挿入します。
・塩ビ管の上端から長さ１mの定規を差込み、濡れた深さから、地下水位を確認します。
・給水前と最中に地下水位を読取り、かんがいによる地下水位の変化を確認します。

4．転換畑における地下かんがいの考え方

A．　転換畑ほ場の土壌水分

転換畑の野菜栽培（図３、４）では、土壌水分の動きは次のような特徴があります。

・ネギもエダマメも根の大半が作土（深さ０～20cm：畝高さを含む）に集中し、下層（深さ20cm～）にほとんど伸長していません。
・ネギもエダマメも７月以降は、作土（深さ15cm）の水分変動が大きくなります。
・日降水量５mm以下では、作土の水分はほとんど増加しません。
・20mm以上のまとまった降雨があった場合は、作土も下層（深さ30cm）も一時的にpF0（飽和）になります。
・飽和の作土は、無降雨が５日以上続くと、pF2.5以上に乾燥します。
・作土がpF2.5以上の乾燥状態にある時は、下層がpF1.5よりも乾いています。
・下層はpF1.5より湿潤（過湿）な状態で推移する場合が多く、pF2.5まで乾燥する期間はほとんどありません。

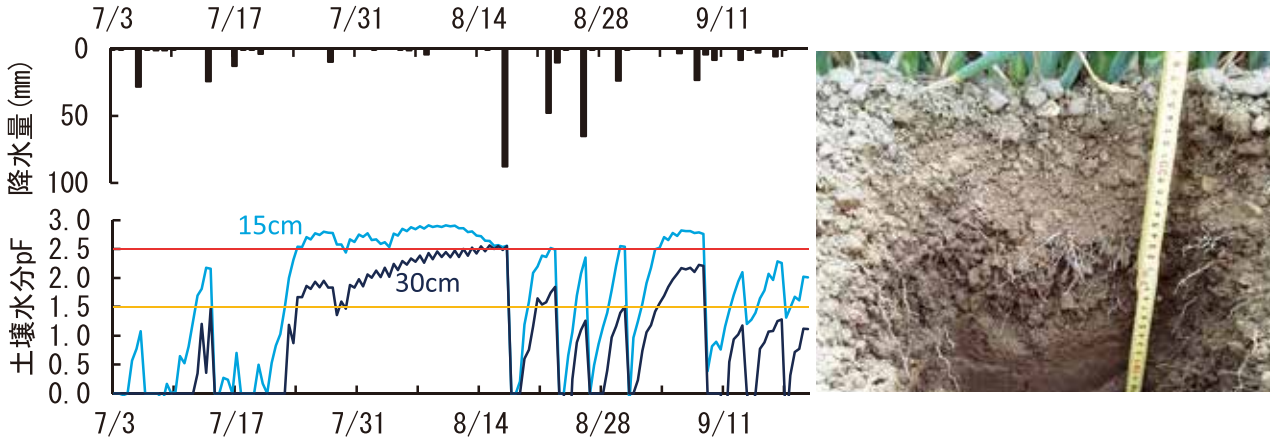


図３　ネギ栽培期間の土壌水分の動き（2016年）

注１）農業試験場の転換２年目のグライ低地土ほ場。籾殻補助暗渠が施工済。
注２）ネギは「夏扇パワー」：６月10日定植、10月18日収穫。

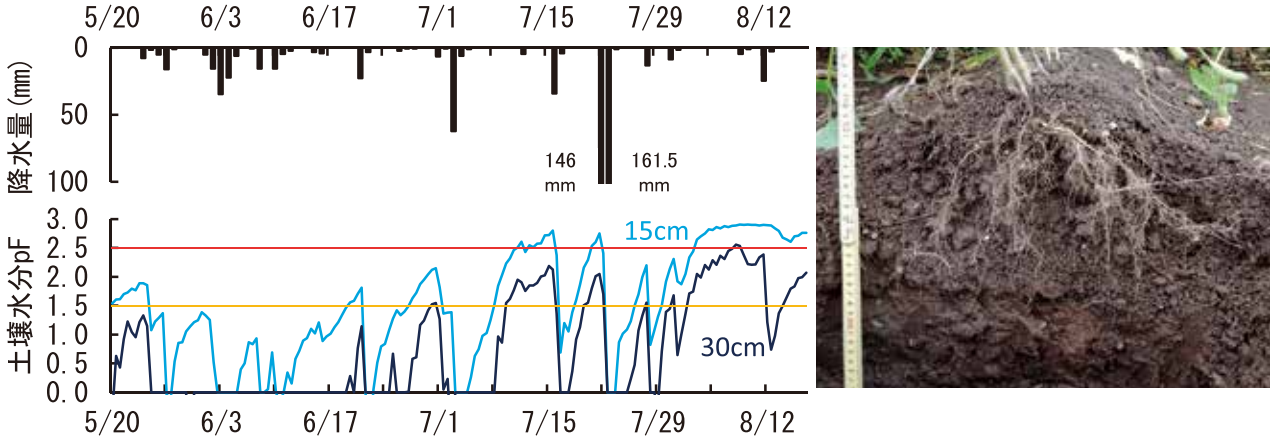


図４　エダマメ栽培期間の土壌水分の動き（2017年）

注１）農業試験場の転換３年目のグライ低地土ほ場。籾殻補助暗渠が施工済。
注２）エダマメは「湯あがり娘」：５月18日播種、８月18日収穫。

表１　土壌水分と作物栽培での目安

	pF	水分恒数	栽培での目安
乾燥	4.2	永久しおれ点	植物がしおれて給水しても回復しない。
↑	3.0	生長阻害水分点	植物の蒸散や光合成が低下する。生産物の品質・収量が低下する。
↕	1.5 ～ 1.8	ほ場容水量	大雨で飽和になった土壌から余剰水がなくなった状態。
湿潤	0	最大容水量	土の隙間が全て水で満たされ、根が呼吸できない。

すなわち、転換畑は、固くて湿潤な耕盤（水田での鋤床）があることから、根は深くまで伸長せず、作土に集中します。このため、生育が旺盛になる時期（７月頃）から、作土の水分は１週間もすれば不足し、根が下層の水分を吸収し始めます。

これらのことから、かんがいの判断として、作土が十分に乾く「給水前10日間に20mm以上のまとまった降雨がない」または「深さ15cmがpF2.5以上」の場合としています。

B．地下かんがいによる作土への水の供給

秋田県の水田土壌の下層（耕盤＋心土：深さ20～50cm）の透水性は、１時間に１mm未満の難透水性土壌が80％を占めています。このような土壌で地下かんがいを行う場合は、耕盤より下に水位を設定すると、吸水渠の埋戻し部と補助暗渠溝内にかんがい水が留まるのみで、作土への水の補給にはなりません（図５左）。

したがって、作土に十分な水を補給するには、耕盤より上に水位を設定し、吸水渠と補助暗渠の上端から溢れた水を作土と耕盤の層界で水平方向に広げることがポイントになります（図５右）。

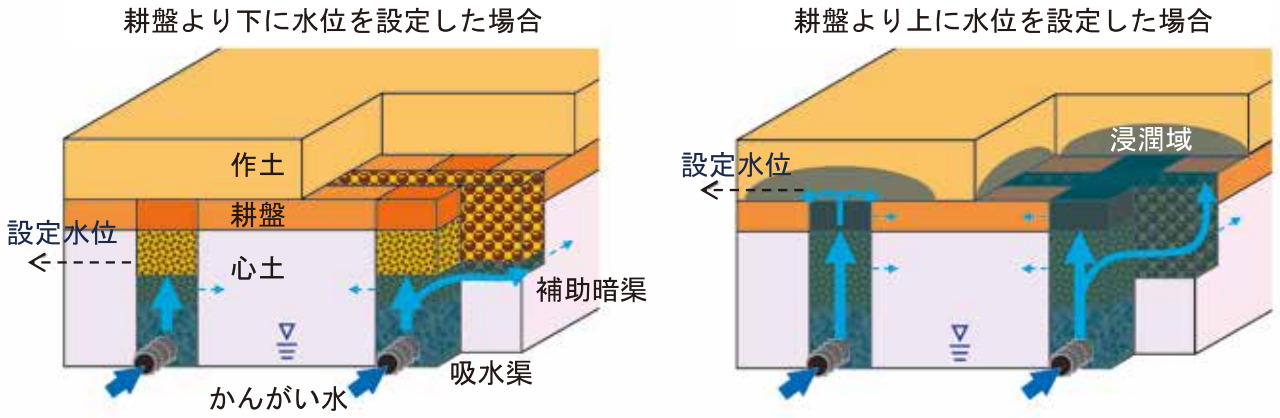


図５　設定水位と地下かんがい時の水の流れの模式図

長期間の地下かんがいは下層を過湿（還元）にするため、排水不良ほ場と同じ状況をもたらします。大豆への地下かんがいの事例として、栽培期間中の地下水位を常時40cmとした場合は、深さ50cmまで根が伸長するのに対して、開花期から40日間に地下水位10cmに上昇させた過度な給水を行った場合は、10cm以深の根が少なくなっており、地下水位より下の根が消失したことを示しています（表２）。

広い根域を必要とする園芸作目にとって、根の伸長を抑制しない給水方法が必要です。

表２　地下水位と大豆の根量分布

深さ（cm）	40cm 一定区	40→10→40cm 地下かんがい区
	根重割合（%）	
0～10	70.3	95.0
10～20	14.4	4.0
20～50	15.3	1.0

※大豆栽培期間の地下水位が常時40cmで一定と平時40cmで開花時にのみ10cmに上昇の２処理で試験した。根量は成熟期に調査（村上ら，2011）。

C.　地下かんがいによる土壌水分のコントロール

転換畑でエダマメ「あきたほのか」を栽培しているほ場（50a：50m×100m）において、地下かんがいを実施した事例を紹介します。

８月の開花以降、地下かんがいを２回実施したところ、いずれも給水開始から約 11 ～ 16 時間でほ場全体に浸潤域が広がりました。かんがいの最中、土壌表面に水膜が現れて、一時的に作土が飽和になる場所がありますが（図６）、終了時に水閘を開放することで、速やかに余剰水が排水されます。かんがい終了８時間後には、作土の水分が pF1.5 まで回復しました。

図７に示すとおり、無かんがいほ場（慣行）では、作土の水分が pF3 の乾燥状態で推移したのに対して、地下かんがいを実施したほ場（実証）では、給水によって pF1.0 まで低下させ、pF2.5 以上の乾燥期間を短くすることが可能でした。

収量は、実証 798kg /10a と慣行 670kg/10a よりも上回りました（表３）。

図６　地下かんがい中の土壌表面

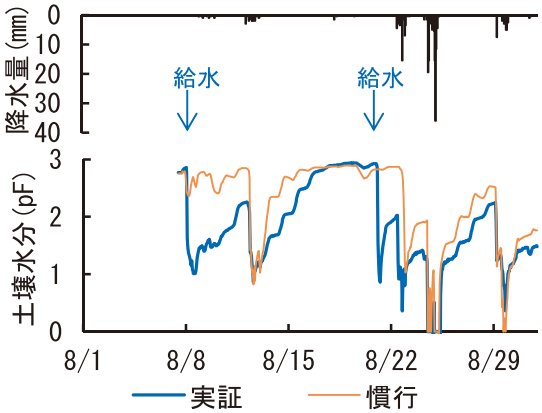


図７　地下かんがいによる作土（深さ15cm）の水分変化（2017年、秋田市）

表３　土壌水分と作物栽培での目安

試験区	播種日	収穫日	主茎長 (cm)	主茎節数 (節)	分枝数 (本)	可販莢数 (個/10a)	可販莢割合 (%)	可販莢重 (kg/10a)
実証	6月20日	9月19日	74.9	13.0	8.2	217	52.9	798
慣行	6月15日	9月14日	69.3	13.2	5.5	221	57.8	670

※調査は各ほ場３地点の平均。

5．秋田県の気象と転換畑の特徴

秋田県は典型的な日本海側気候であり、夏は気温が高く、夏期（６～８月）は東北地方の太平洋側や関東よりも日照時間が長いのが特徴です（図８）。

日照時間が長く、晴れの日が多いのですが、夏期の降水量が多いのも特徴の一つです。梅雨期間は短くても、終わり頃に大雨が降り、特に最近は７月、８月の降水量が増加傾向にあります（図９）。

一方、県内の主要地点のアメダス平年値から、５～９月に連続20日間（４半旬）以上の無降雨期間が発生する頻度は、平均すると年間1.1～1.7回あります（表４）。関東以西では、無降雨期間が５半旬以上続くと、作物に干ばつ害が起こると報告されています。

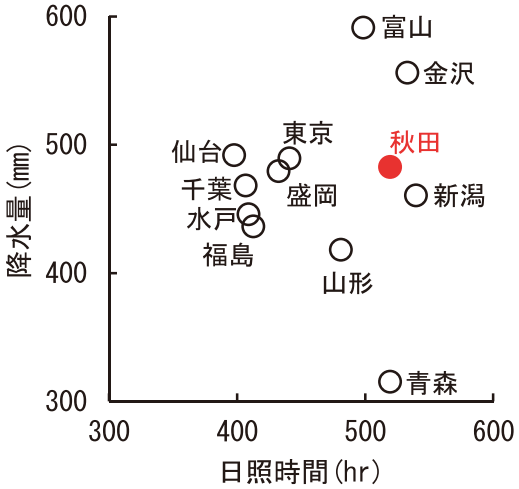


図8　6～8月の日照時間と降水量

注）アメダス平年値（1981～2010年）の6～8月の日照時間と降水量の積算値。

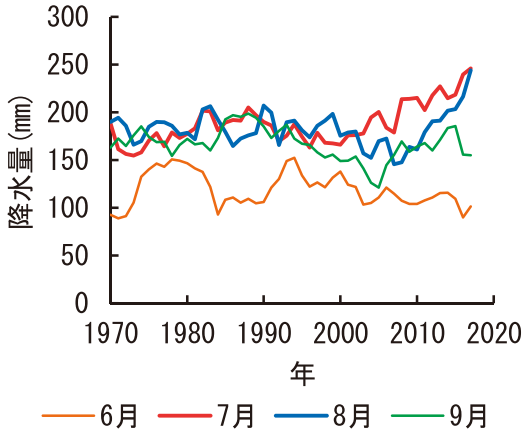


図９　夏の降水量の推移（秋田市）

注）1965～2017年のアメダス（秋田）における５年の移動平均値。

表４　５～９月に連続 20 日間以上の無降雨期間が発生する頻度

地点	1978～2017年（40年間）		発生年のみの平均
	発生回数	平均回数	
鹿角	63	1.6	2.0
大館	45	1.1	1.6
鷹巣	53	1.3	1.6
能代	68	1.7	2.0
秋田	68	1.7	1.9
本荘	59	1.5	1.7
大曲	52	1.3	1.7
横手	68	1.7	2.2
湯沢	68	1.7	1.9

注）アメダスの各地点の日降水量が５mm 以下を無降雨日とした。

排水不良土壌が多い転換畑での畑作物や野菜栽培にとって、多雨は湿害を引起すため大きな問題ですが、少雨も干ばつ害が懸念されます（表５）。暗渠・補助暗渠排水工と地下かんがいを組み合わせた地下かんがいシステムは、両者に効果が期待されます。

表５　転換畑と普通畑の違い

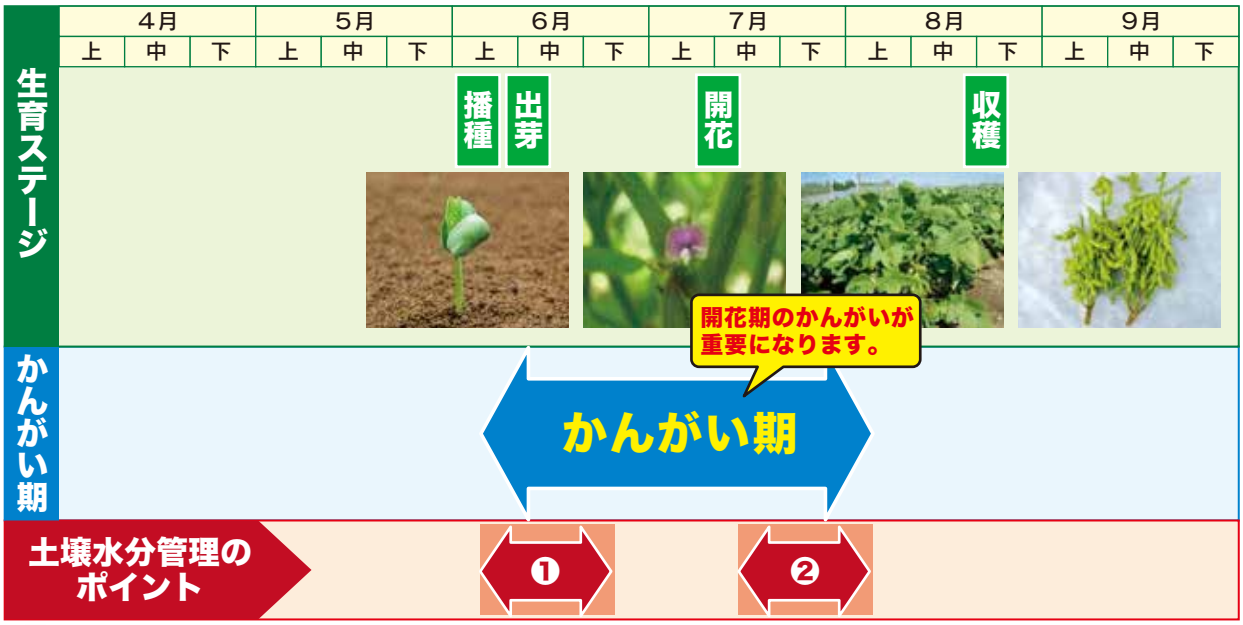
項目	転換畑	普通畑
地下水位	高い	低い
表面排水	表面に勾配が無いため難	容易
地下浸透	小さい	大きい
冠水の危険性	低地で多く、隣接田からの浸水もあり	一般に少ない
根の伸長	耕盤層で抑制される	容易だが、耕盤層があると抑制される
砕土性	多湿のためやや難	容易
干ばつ	砕土不良の作土と難透水の耕盤で、毛管水が切断されると受ける	受けやすい

第二章

秋田県の重点野菜・花きにおける栽培のポイントと土壌水分管理

1　エダマメ

エダマメ（未成熟大豆）の原産地は中国北部～中部の黄河流域地域とされ、生育には強い日射が必要で、排水がよく保水力のある土壌条件を好みます。秋田県では播種が５月上旬～７月上旬で、収穫が７月中旬～10月上旬となります。栽培するにあたり、排水対策が必須になりますが、出芽までの土壌水分と開花期以降の土壌水分の確保が安定生産にむけて重要になります。



土壌水分管理のポイント

❶ 播種～約１カ月間

：この時期に**土壌水分が過度に多いと酸素欠乏により出芽が不良で、湿害等による欠株が多くなり**、生育不良となります（図１、図２、表１）。

❷開花～莢肥大期の約１カ月間

：この時期は、**水分要求量が多いため、干ばつの場合は、かんがいが必要です。**それによって、着莢や収量が安定します（齊藤ら　1999　ほか）。

エダマメは湿害を非常に受けやすい作物です。生育の全期間、降雨等により水に浸かった場合、暗渠、明渠等により速やかに排水することが必要です（図１、図２、表１）。

図１　湿害状態のエダマメ

図２　良好な生育状態

表１　地下水位の高低とエダマメの生育・収量（秋田農試　2016）

試験区	出芽率（%）	欠株率（%）	草高（cm）	収量（kg/a）
地下水位低区	87	1.0	69.8	109
地下水位高区	50	21.0	36.0	44

注）品種：あきたさやか、出芽率：７月１日、欠株率：８月４日、草高：８月15日調査、収穫：９月８日

栽培管理のポイント

ここでは中生品種を例としています。播種適期は６月上～下旬で、それより早いと過繁茂、遅いと生育が不足して、収量・品質が低下します。

施肥量は全量基肥で窒素2.5kg／10a程度とします。

収穫は全体の莢の約８割が厚さ８mm以上になった頃が適期です。

2 ネギ

ネギの原産地は天山東側の中国北西部で、冬は乾燥し寒さが厳しい地域です。そのため、冷涼で乾燥気味の気候と軽めの土壌を好み、耐湿性が弱い特徴があります。秋田県では４月～６月にかけて定植が行われますが、ネギは湿害を受けやすいことから排水対策が重要になります。一方、干ばつ時のかんがいの効果も認められます。また、定植する位置を地表より低くする必要があることから作土層が厚く、土寄せ作業がしやすい粘土含量の少ない土壌が適します。

土壌水分管理のポイント

❶定植～初夏

：ネギは**かん水による生育促進効果が高いので、乾燥時にはかんがいを行うことで安定生産**につながります（図１）。活着時の乾燥は、生育の遅延につながるので、この時期のかんがいが特に重要です。

❷高温期

：**高温時の湛水条件では生育が大きく阻害**され、程度がひどい場合には茎盤部が枯死することから、排水性が重要になります（図２）。また、**高温時のかんがいは**軟腐病の発生を助長するといわれていますので、**かんがいを控え目**にします。

図１　かん水による生育促進効果

図２　高温時の湛水による生葉数の減少

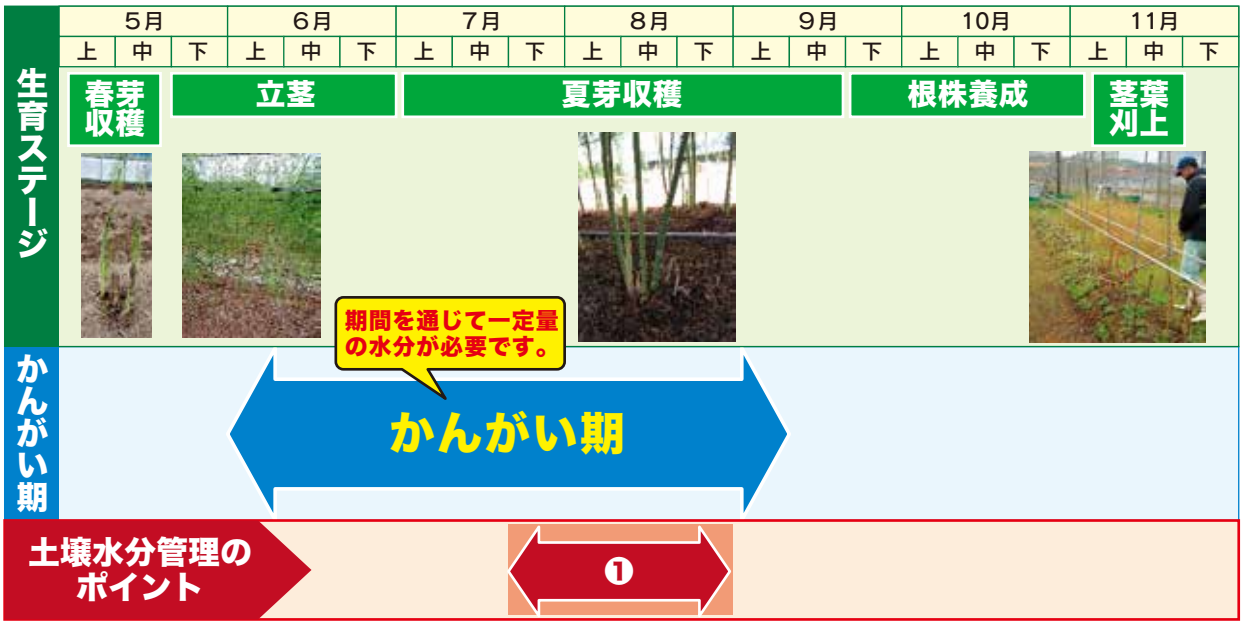
栽培管理のポイント

ネギの秋冬どり作型は、４月中旬に播種を行います。秋田県ではチェーンポット育苗が主流となっており、１ポットに２粒播種します。定植は本葉が２枚出葉した６月上旬に行い、畝幅を90～100cm、植え溝からの深さを15cmとします。栽培期間は薬剤で病害虫を防除します。施肥量は10a当たりの窒素成分量で基肥を10kg、追肥を３～４回に分けて12kg施用します。

土寄せは追肥と合わせて行います。また、収穫30日前の９月中旬に最終土寄せを行い、10月中旬から収穫します。

3 アスパラガス

アスパラガスの原種は、ヨーロッパからロシア南部にかけて温暖で降雨の少ない所に自生しており、現在、世界中で広く栽培されています。秋田県では適切に管理することで定植２年目から収穫を始め、定植４～５年目で成園となり、10年以上収穫を続けることが可能です。夏場はりん芽が乾燥すると萌芽が止まりますので、土壌水分を確保することで収量が安定します。



土壌水分管理のポイント

❶春芽収穫～茎葉刈上

：春芽収穫から茎葉刈上までは一定量の水が必要です。特に、**夏場はりん芽が乾燥すると萌芽が止まりますので、土壌水分を確保**することで収量が安定します。ただし、**過度なかんがいは根を弱らせる原因**となるので注意が必要です。

アスパラガスは一度定植すると十数年継続して栽培を続けますので、定植前にほ場条件を整えることが重要です。アスパラガスの根は地下深く張ります。根が張ることができる範囲を根域といいます。根域を50cmとれるように、定植前にしっかりと排水対策を行う必要があります。地下水位が低いほど根域は深くなり、根域が深いほど収量は上がります。地下水位が高いと茎枯病が発生しやすくなり収量を低下させます。

←立茎初期から茎枯病にかかると株全体に広がっていきます。

←定植1年目、地上部刈り取りの11月中旬の地下の様子です。

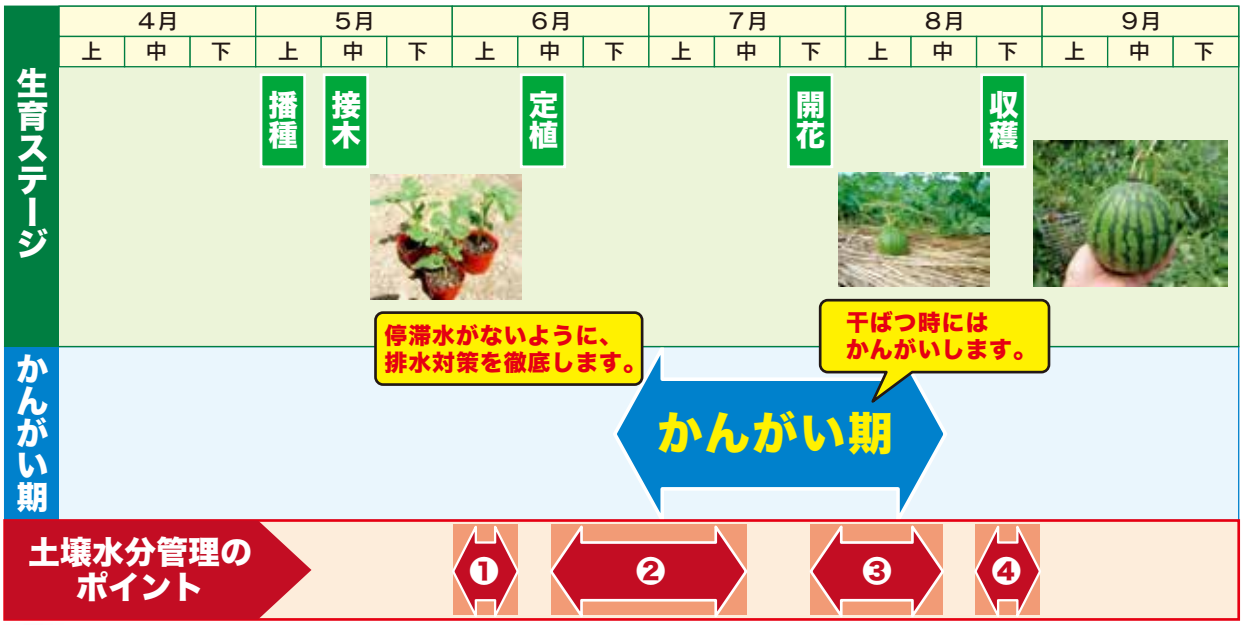
栽培管理のポイント

立茎は５月下旬頃から適度の太さの茎を、６月中旬頃までに、１ｍあたり10本程度を目安に立てます。また、前年に茎枯病が多発した場合は早めに立茎を開始します。春芽の取りすぎには注意します。

10月の生育は翌年の春芽収量に影響しますので、この時期まで茎葉を健全に保つように立茎直後から定期的に防除し、病気を防ぎます。

4 スイカ

スイカの原産地は熱帯アフリカのサバンナ及び砂漠地帯で、生育には高温と強日射の気候と、耕土が深く排水のよい土壌を好みます。また、スイカの台木として用いられるユウガオは、北アフリカやインドが原産地で、高温・乾燥した気候と耕土の深い土壌を好みます。秋田県では水田転換畑での導入がすすんでいます。



土壌水分管理のポイント

❶定植前：**土壌が適度に湿った状態でマルチ**を行います。

❷定植～開花期：**十分かん水した苗を定植**します。マルチをしているので、活着後のかんがいは通常必要ありません。

❸果実肥大期：この時期は水分要求量が大きいですが、**根が深く伸びているので、干ばつ時以外は、かんがいの必要がありません。**

❹収穫期：**過度の土壌水分は果実品質（果実糖度など）に悪影響を及ぼす**ので、大雨時には、ほ場排水に努めます。

スイカやユウガオの根は土中深く伸びる特徴があるので、湿害回避のため栽培期間を通じて停滞水がないよう、十分な排水対策を行います（図１、図２、表１）。

図１　過湿状態のスイカ

図２　良好な生育

表１　地下水位の高低とスイカの生育・収量（秋田農試　2016）

試験区	生育 最大葉 長さ（cm）	生育 最大葉 幅（cm）	生育 つる長（cm）	果重（kg）	着果数（果 / 株）	収量（kg/a）
地下水位低区	38	35	453	3.2	3.9	386
地下水位高区	32	29	390	2.6	3.7	297

注）生育調査：８月４日、収穫：８月19～21日、
品種：あきた夏丸チッチェ

栽培管理のポイント

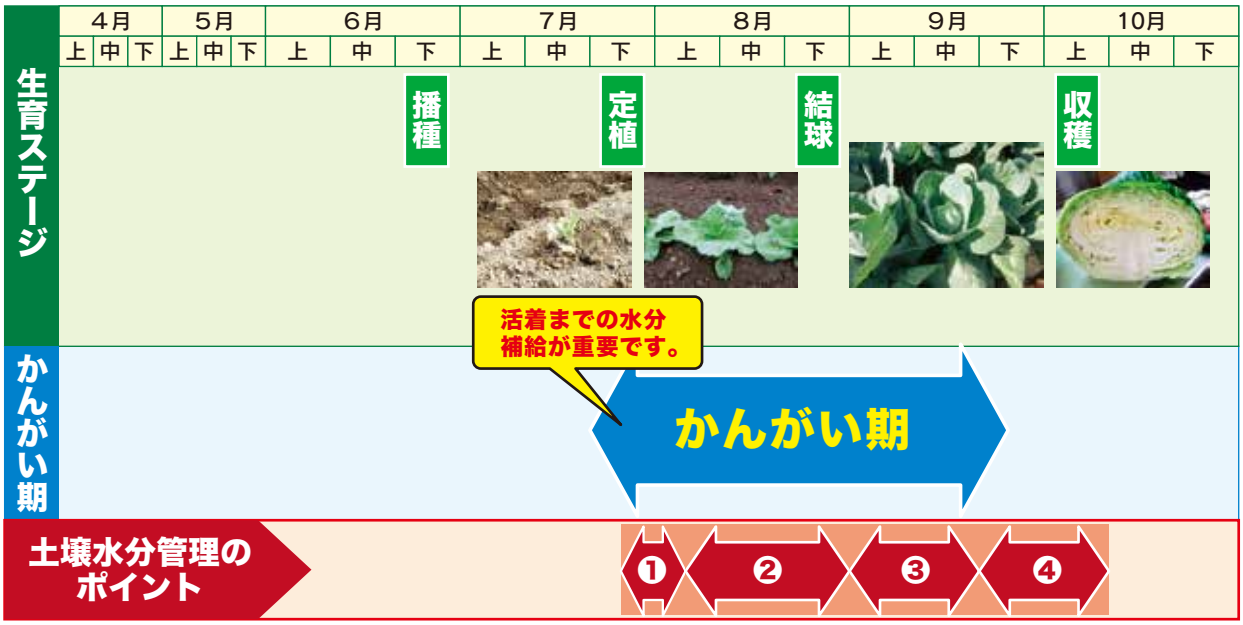
作型は、小玉スイカの露地トンネル雨よけ抑制栽培を例としています（播種：４月下旬、定植：６月上旬、収穫：８月下旬）。施肥量は窒素で４～５kg/10a程度とします。

高品質果の生産のためには、適切な施肥、整枝、排水対策、病害虫防除などにより、十分な葉面積の確保が必要となります。

5 キャベツ

キャベツの原種は、地中海沿岸やヨーロッパの大西洋沿岸の岩場に自生しており、冷涼な気候を好む植物です。そのため、土壌に対する適応範囲はきわめて広いものの、耕土が深く排水のよい土壌で生育がよく、極度の過湿になると収量が低下します。

秋田県ではおもに、初夏～夏どりの作型と秋冬どりの作型が行われていますが、乾燥時には水分の保持・補給が、過湿時には排水が栽培上重要なポイントであることから、かんがいを上手に利用して栽培を行うことが大切です。



土壌水分管理のポイント

❶定植直後～活着まで：定植後に**干ばつが続き、苗が枯死する可能性がある場合には、活着を促進するため、かんがい**します（図１）。

❷活着後：結球するまでは葉数が増え始めたら**生育を促進させるため、かんがい**を行います。

❸結球後：結球期以降は作物の水分要求量が多く、**乾燥すると収穫期が遅れることから、天気やほ場の状態に応じてかんがい**を行います（図２）。

❹収穫前：収穫の１～２週間前から、日持性の向上・病害予防のため、**かんがいは中止**します。

生育期間を通じて、多湿条件が続くと根こぶ病等の病害が発生しやすくなるため、かんがいの頻度・量は降雨の状況とほ場の土壌状態を見て行います。

図１　活着までの水分補給が重要です

図２　結球後
（左ほど地下水位が高く、生育が悪い）

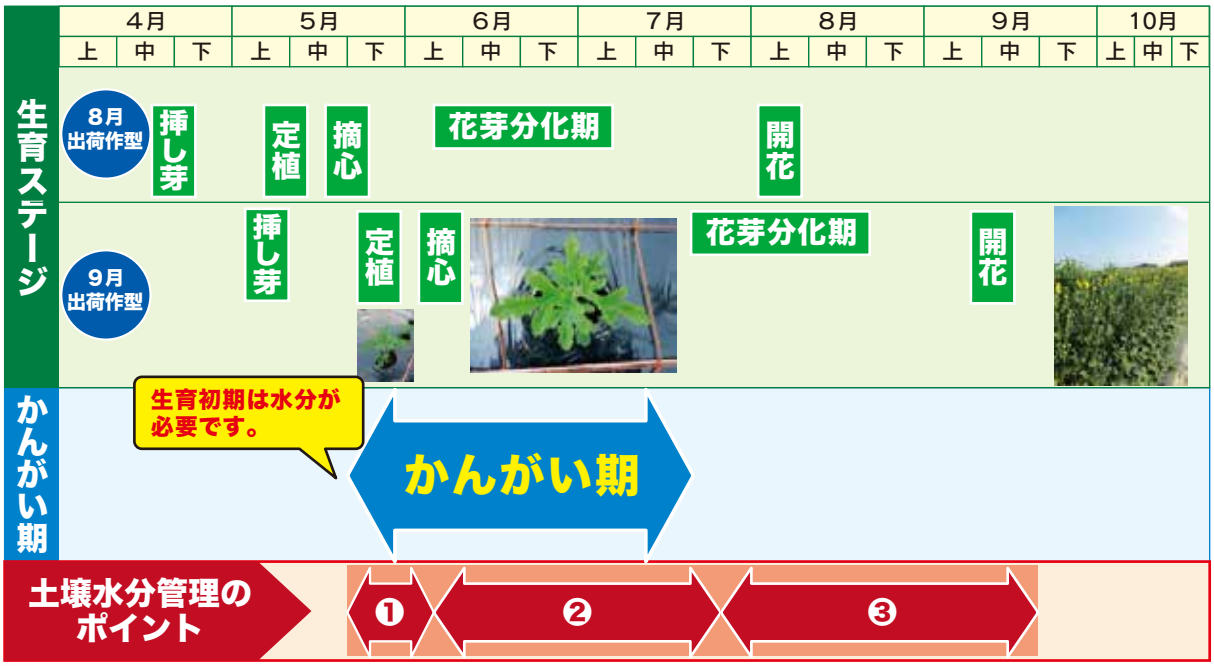
栽培管理のポイント

秋田県内で広く行われている秋冬どりの作型は、育苗から定植、初期生育の時期が高温、乾燥期にあたることから、まずは徒長苗や老化苗をつくらない、定植しないことが重要です。また、定植後は活着を促進するため、かんがいを上手に利用します。一方で、梅雨や台風の襲来時期と重なるため、排水の良いほ場を選定するとともに、排水の悪いほ場では高畝にするなど、過湿になりすぎない管理を行って下さい。

6 小ギク

キクの原産地は中国ですが、亜熱帯から寒帯までの湿潤な気候の地域に広く自生しています。

小ギクは比較的手間がかからず省力的な品目で、秋田県では水田転換作物として多く導入されています。キクの根域は深さ20～30cmと比較的浅根性です。根は耐湿性がなく好気性なため、土壌水分が多く、酸素を含む土壌を好みます。



土壌水分管理のポイント

❶定植直後　：定植直後は根の発達を促すために**水分が必要**です。

❷活着～約1カ月間　：活着後から1ヶ月間は栄養生長を促し、**草丈を確保するために土壌水分は多めにすることが必要です**（図１）。

❸花芽分化期以降　：**花芽分化期以降の乾燥は、花芽発達を抑制し品質を低下させるため、干ばつ時にはかんがいを行います**。高温干ばつ時には開花の遅延に加え、不開花や奇形が発生することもあります。一方、**連続した過湿条件では、軟弱徒長、もしくは草姿が乱れ品質が低下するため、注意が必要です**（図２）。

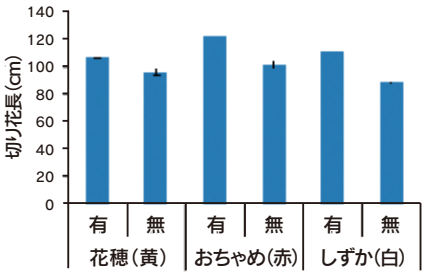


図１
定植後少雨の年は、
地下かんがい
（40cm水位管理）
により切り花長は伸長

慣行　　地下水位高め

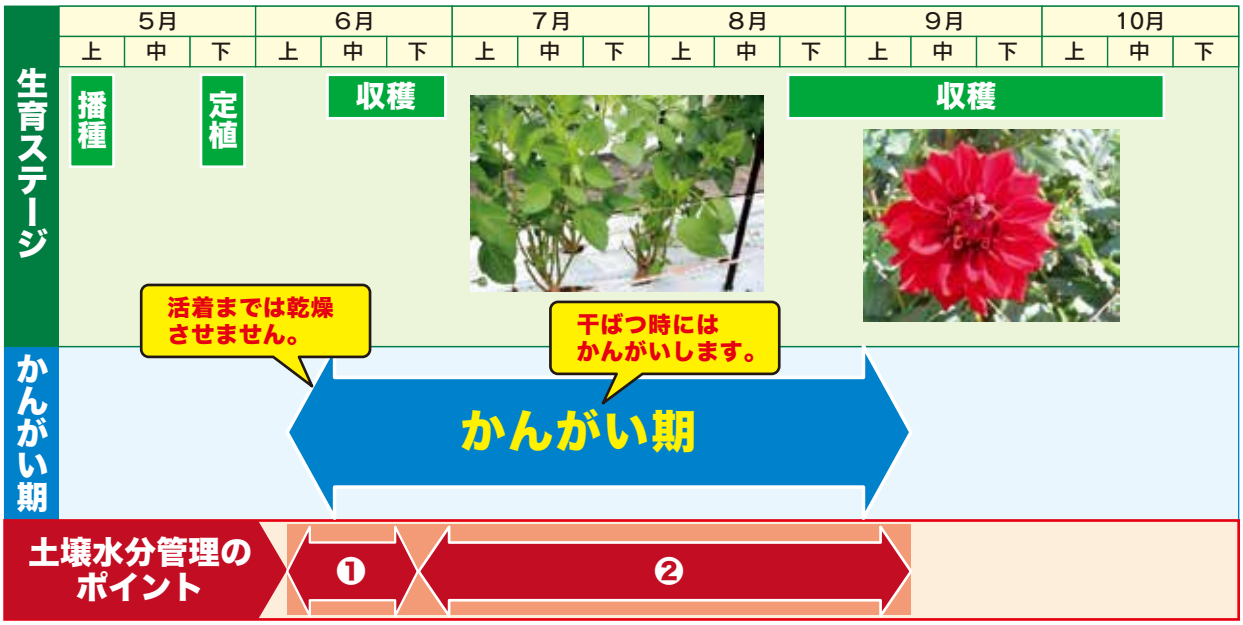
図２
生育後半まで
水分量が多いことに
よる草姿の乱れ

栽培管理のポイント

８月のお盆（８月上旬）や９月の秋彼岸（９月上中旬）の需要期に出荷させることが重要なことから、開花時期の合う品種の選定と作業の遅延がないことがポイントです。８月出荷作型では霜の心配の無くなる５月上旬に定植を行います。活着後は確実に摘心を行い、側枝の発達を促します。側枝が20～30cmになったら、１株３～４本程度に整枝を行います。栽培中は、適宜農薬散布を行い、病害虫防除に努めます。

7 ダリア

ダリアの原産地はメキシコからコロンビアに至る中央および南アメリカの高地で、冷涼な気候と弱酸性で多孔質の排水の良い土壌を好み、日当たりの良い場所を好みます。秋田県では近年作付けが増加している作物ですが、地下水位の高いほ場では病気が発生しやすいので、ほ場の選択には注意が必要です。



土壌水分管理のポイント

❶定植～活着

：生長期には比較的多くの水を要求し、**定植から活着までは乾燥させないようにします。**

❷活着以降

：活着後はほ場の**乾き具合を見ながら、かんがい**します。
活着～収穫期を通して、地下水位が高い（約 30cm より高い）と湿害等による欠株が多くなり、株の生存率が低くなります（表１、２、本試験は７月上旬定植の作型です）。

表１　栽培期間中の地下水位の推移

試験区	地下水位 (cm)			
	7月	8月	9月	10月
地下水位低区	43.0	49.0	50.3	44.8
地下水位高区	21.0	20.4	19.8	19.0

表２　地下水位の違いが挿し芽育苗由来株の各品種の生育に及ぼす影響

品　種[z] 区	平均採花日 (月日)	切り花長 (cm)	節数 (本)	花径 (mm)	茎径 (mm)	第一葉長 (mm)	生存株率 (%)
かまくら							
地下水位低区	9月30日	81.8	5.5	106.8	13.1	159.8	100.0
地下水位高区	9月29日	79.1	5.7	111.5	12.4	151.3	66.7
t-検定[y]	—	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	—
純愛の君							
地下水位低区	10月12日	74.3	6.1	139.7	10.3	141.1	66.7
地下水位高区	—[x]	—	—	—	—	—	0.0
t-検定	—	—	—	—	—	—	—
NAMAHAGEビューティー							
地下水位低区	9月22日	59.1	5.3	68.2	13.3	153.0	100.0
地下水位高区	9月28日	68.6	5.9	67.5	10.8	131.8	33.3
t-検定	—	**	*	n.s.	**	*	—

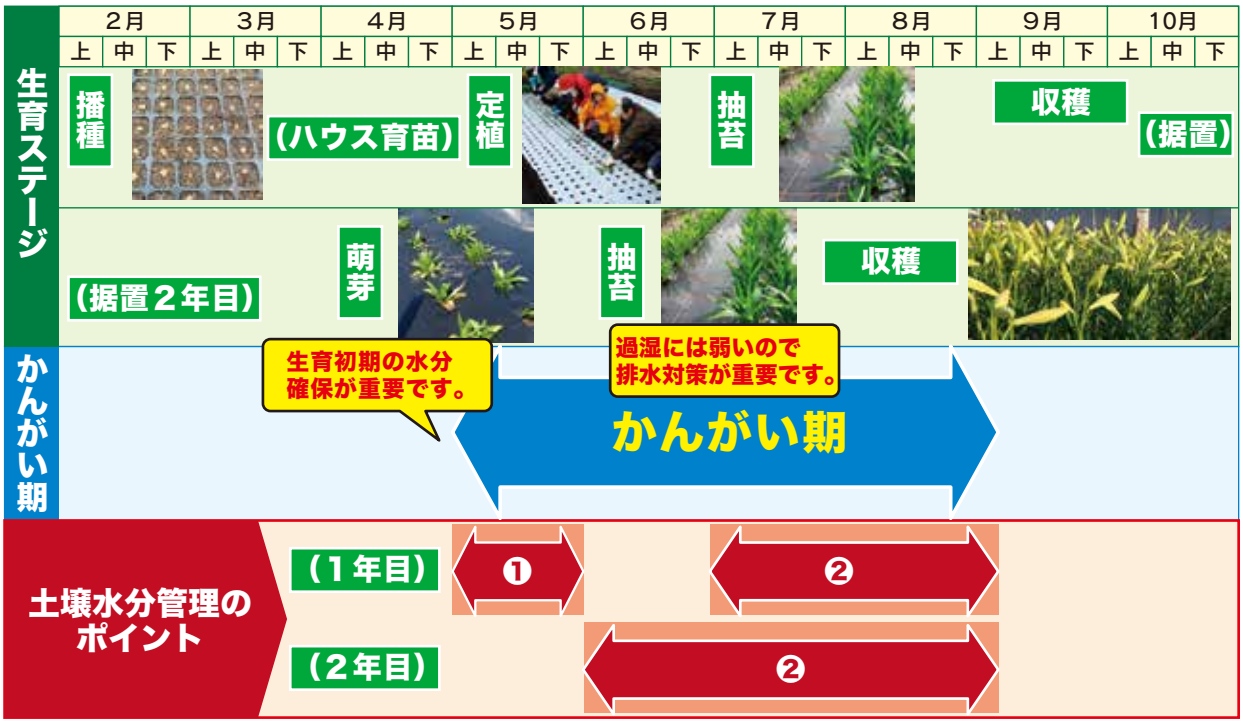
[z]n=3
[y]＊＊：１％水準で有意差有り、＊：５％水準で有意差あり、—：統計処理なし
[x]—：生存株率 0% のため未調査

栽培管理のポイント

県内の露地栽培では、催芽させた球根あるいは挿し芽して育苗した苗を遅霜の心配が無くなる５月下旬に定植し、７月に１番花を収穫し、９～11月に２番花、３番花を収穫する作型が一般的です。摘心は２回行い、８～16本になるように仕立てます。追肥は夏季の高温時を避け、肥料切れになると生育が悪くなるため、生育状況を見て適切に行います。１番花を収穫するまでに株の充実を図ります。

8 シンテッポウユリ

シンテッポウユリは、テッポウユリとタカサゴユリの交配により作出され、他のユリ類とは異なり露地栽培で種子から１年で収穫できることが特徴で、長期連作を嫌うことから、秋田県では水田転作品目として水稲との輪作で栽培される場合が多くなります。土壌の乾燥および過湿には弱い傾向があります。



土壌水分管理のポイント

①定植～約1カ月間：生育初期は乾燥に弱く、定植後に降雨の少ない場合は適宜かんがいするなど**十分な水分量**を確保する必要があります。

②抽苔以降：抽苔後も生育量確保のため乾燥に注意し、**かんばつの場合はかんがいが必要**です。高温乾燥は早期開花の要因となります。

過湿で根傷みをおこしやすいため、排水の良いほ場で畝を高くし、必要に応じて明渠を設けます。生育初期の地温と水分確保のためにマルチ栽培が一般的です。

栽培管理のポイント

県内では種子から育苗した苗を５月上旬に定植して８月下旬～10月に収穫後、据え置いた球根から翌年７月～８月に収穫する２年作型が一般的です。定植は、遅霜の心配の無くなる時期に行いますが、遅れると活着不良となり早期抽苔が発生しやすくなるので注意します。抽苔期以降の生育期は肥料の吸収量が多くなるため、適宜追肥を行います。葉枯病に弱く、降雨前後などの薬剤防除を徹底します。

第三章

「地下かんがいシステム導入」の留意点

1．補助暗渠の機能と籾殻の耐久性

地下かんがいシステム導入後に畑転換すると、籾殻補助暗渠の排水改良効果により、経年的に作土の砕土率が良くなるとともに、作土が深くなります。さらに、１年目の下層は、全域が還元したままですが、４年目では、補助暗渠周辺まで酸化域が広がり、畑地化が進みます。

一方、補助暗渠溝の断面積は、施工１年後よりも４年後の方が減少します。これは、溝幅が狭くなったことと、畑地化に伴い耕起深が深くなるためです。また、施工１年後よりも４年後の方が補助暗渠溝に泥土の混入が多くなるとともに、籾殻自体も腐朽が進み、より分解し易くなっています（図１、図２）。

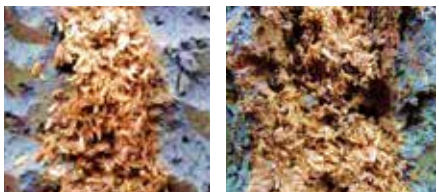


図１　補助暗渠疎水材の籾殻の様子

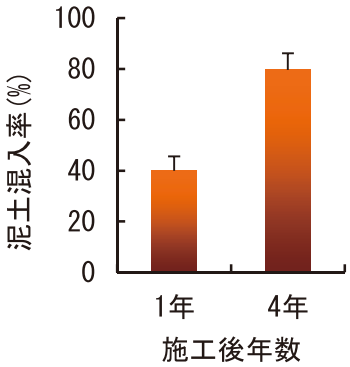


図２　補助暗渠の泥土混入率

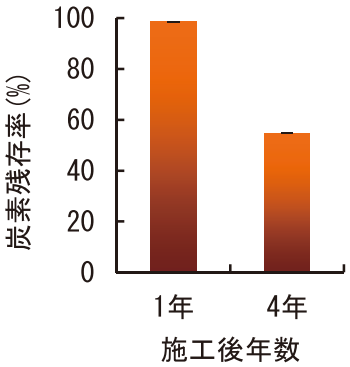


図３　籾殻の炭素残存率

○籾殻の耐久性

寒冷地の本暗渠では、疎水材としての籾殻の耐用年数が10年程度と報告されています。補助暗渠の施工によって、さらにほ場の乾燥が進むこと、本暗渠よりも浅い位置にあることから、籾殻の腐朽がより進みます。農業試験場の転換畑ほ場での籾殻の炭素残存率は施工４年で５割程度であり、既報にある畑の本暗渠の籾殻残存率６～７割よりも分解が進んでいます（図３）。

籾殻の腐朽は、即ち透水性の低下ではありませんが、腐朽して空洞になった補助暗渠溝に上部の泥土が混入することで、透水性が低下します。また、畑から復田した場合には、代かきによって泥濘化した土が水みちを塞ぐことでも機能を低下させます。

このようなことから、籾殻補助暗渠の耐用年数は５～10年と推定されます。30～50mmの大雨後、１日で表面水の排除が不可の場合は、補助暗渠を再施工します。

※寒冷地の暗渠疎水材としての籾殻の分解（炭素残存率）は、10年後では、水田が７～８割程度、畑が６～７割程度、20年後では、水田が５割程度、畑が４～５割程度と推計されています。

2．地下かんがいが困難なほ場

○漏水しやすいほ場

A．暗渠周辺に透水性が高い土層があるほ場

暗渠管埋設の深さ60cm周辺の土壌の透水性が大きいと、下方への浸透が卓越し、暗渠管から上向きへの給水が困難になります。これまでの報告では、飽和透水係数が10^{-5}cm/sよりも大きい場合は、地下水位の高低に関わらず制御が困難とされています。

秋田県の水田土壌の下層（耕盤＋心土：深さ20～50cm）の透水性は、10^{-5}cm/s未満の難透水性土壌が50％以上を占めていますが、60cm土層の間に粗粒質な土壌をはさむ場合は注意が必要です（表１）。

表1　水田下層の透水性

土壌群	面積割合（%）	飽和透水係数（cm/s）
グライ土	53	5.4×10^{-6}
灰色低地土	21	2.2×10^{-5}
黒泥土	7	4.2×10^{-5}
多湿黒ボク土	6	1.8×10^{-5}

注）土壌環境基礎調査と土壌機能モニタリング調査で実施した（県内水田105地点）。

B．旧暗渠を潰していないほ場

ほ場整備で新たに暗渠排水を整備すると、旧暗渠が残ったままになります。機能していなければ、地下かんがい利用において問題はありませんが、もし、機能していれば、漏水の原因となります。

旧暗渠が機能している場合、平時は開放してほ場排水に利用し、地下かんがい利用の際には閉じることで通常の暗渠と同様に使用できます。

C．畦畔漏水がし易いほ場

横浸透が大きく畦畔漏水が大きいほ場では、多量の用水が必要なばかりか、目標の水位まで到達させることが困難になります。対策としては、畦畔際に遮水シートを敷設し、漏水を防止します。

○作物生育が抑制されているほ場

A．湿害が生じているほ場

湿害が生じている場合は、根域を酸化的にすることが必要であり、先ずは排水改良を実施します。地下かんがい導入ほ場では、補助暗渠が施工されているため排水性が改善されていますが、前項で記述したとおり、補助暗渠の経年変化によって排水性が低下する場合があります。また、極めて透水性が低いほ場において、2.5m間隔の補助暗渠施工では、十分な排水効果を発現できない場合もあります。この様な場合は、補助暗渠の再施工や施工間隔をより密にする等の対策を行います。

B．常時地下水位が高いほ場

野菜や畑作物の健全な生育を確保するには、転換畑であっても、根域を深くすることが優先されます。このため、湧水等、水が流入して常時地下水位が高いほ場では、実施しません。

参考文献
（1）転作作物に対する集中管理孔を活用した地下灌漑技術、北海道　平成 24 年度研究成果普及事項，2013 年 1 月
http://www.hro.or.jp/list/agricultural/center/kenkyuseika/gaiyosho/25/f1/04.pdf

3．地表排水と地下排水による畑地化の促進

水田からの転換初年目や水田隣接地では、畑地化が十分に進んでおらず、作物の生育期間中に滞水が発生し、湿害による作物への影響（出芽不良・生育不良・葉色低下・収量低下・品質低下）や適期作業の遅れが懸念されます。したがって、排水条件が整っているほ場においても適切な技術（地表排水（明渠・畝立て）、地下排水（サブソイラ・弾丸暗渠）を選択して、必要であれば組み合わせて実施して畑地化を促すことが必要になります（図４、図５）。

滞水の例

排水対策の具体例

	地表排水		地下排水	
	明渠	畝立て	サブソイラ	弾丸暗渠
例				
留意事項	・確実に排水路につなぐ。 ・過乾燥にならないようにする。 ・明渠深さ、畝高さ、播種深度を調整する。		・できるだけ暗渠や明渠につなぐ。 ・復田の予定がある場合は、施工方向、施工深度に注意する。	

排水対策の効果例

図４　畝の有無によるエダマメ生育の違い

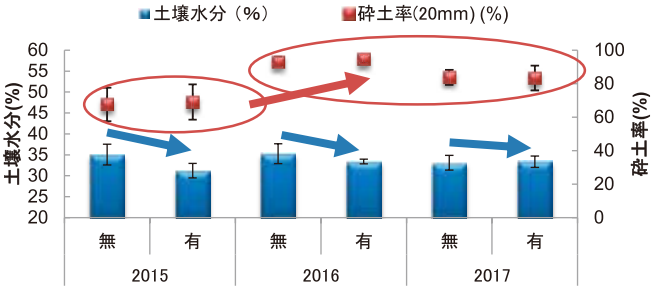


図５　サブソイラの有無による土壌水分と砕土率の違い

畑地化促進のポイント

・土壌条件、排水条件に応じて地表排水、地下排水を選択します。
・地表排水（明渠・畝立て）と地下排水（サブソイラ・弾丸暗渠）を行うことで、降雨後に滞水しづらくなり、生育や収量が安定しやすくなります。
・水田転換から年数が経過すると畑地化の効果で、砕土性が向上します。

4．ゴミ取り作業の改善

事例報告、導入経営体からの声から、かんがいを行う場合の課題として、取水口のゴミづまりを挙げています。かんがい実施中にゴミ取りを怠ると、十分なかんがいが実施できない場合がありますので注意が必要です。

地下かんがいシステムの取水口では、用水側に取り外し可能な多孔パイプを設置し、用水から直接水を取り込んでいます。むき出しの多孔パイプには、ゴミ詰まりがしやすくなっています。

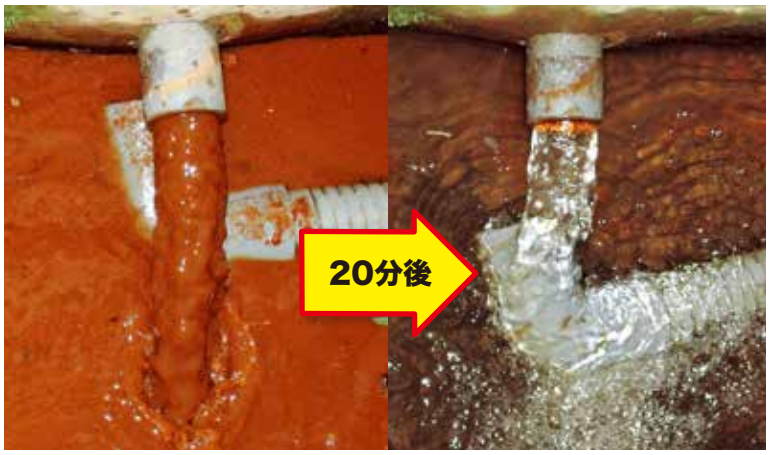
工夫事例

取水口周辺にメッシュコンテナを置き、加えて、目の細かいネット等で覆うことで、２段階にゴミ流入を防ぎます。
また、水圧でコンテナが流れないよう、支え棒等で固定します。

5．暗渠の洗浄

暗渠排水の機能低下の原因の一つとして、管内の泥づまりと鉄の沈着があります。通常、暗渠の洗浄には、カーペットスプレーヤーのような噴霧器を暗渠排水口から挿入するため、大変な作業になります。地下かんがいシステムでは、地下水位調節器の水位を土壌表面に設定し、１時間程給水した後、暗渠水閘を開放するだけなので、洗浄が容易に行えます。

暗渠管内の鉄の集積



地下かんがいによる暗渠管内の洗浄

第四章

「地下かんがいシステム」の導入事例

1．事例Ⅰ

■ エダマメ、ネギ　　実践者：秋田市　A法人

A法人では、水稲、大豆に加え、エダマメ、ネギ、ダリア等の複合作目に取り組んでいます。
地下かんがいシステムは、全経営面積に導入されており、加えて、野菜類の作付け時には額縁明渠等を施工しながら排水対策をしっかり行っています。

地下かんがい実施の判断

エダマメ・・・干ばつ時　葉が裏返ったらかんがいを行う。
ネギ・・・・・10日に１回の中耕作業の際に、通路の乾き具合を見て判断する。

地下かんがいのやり方

①夕方に取水口を開き、翌朝までかんがいを実施

②目標地下水位までかんがいが来ているか確認
・地下水位調節器からの排水状況
・畝間や明渠等への湿り状況

③目標地下水位に達していない場合は、かんがい時間を延長

通路や明渠の湿りを確認

地下かんがい実施状況

エダマメ・・・**盆以降に収穫する品種**へ重点的に実施している（平成29年度：２回程実施）
ネギ・・・・・**盆前の干ばつ時**に重点的に実施している（平成29年度：実施していない）

地下かんがいのポイント

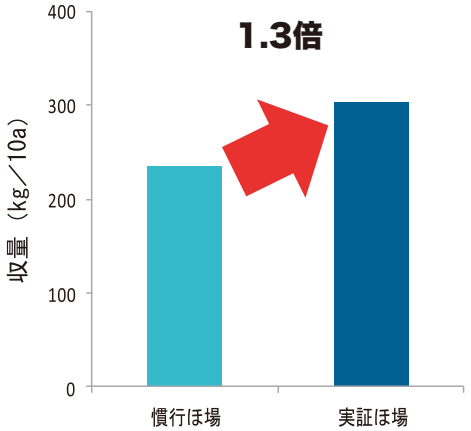
・取水口のゴミ取りは必ず行う。かんがい１回に対し、３回程度は必要
・ほ場によっては水位の上がり方が違うので、ほ場毎の特性把握が必要
・取水口への水量を確保するため、U字溝を堰き止める工夫が必要。その際、堰き止めたU字溝からほ場に用水があふれ出さないように注意

取水口付近を堰き止め水量確保

～参考～

平成29年度、A法人のエダマメほ場において、地下かんがいしたほ場（実証ほ場）としなかったほ場（慣行ほ場）の出荷収量の変化について調査しました。

結果、実証区は、対照区と比べて出荷収量が約３割多くなりました。



出所：A法人提供資料より作成
注）1. ほ場面積は、慣行ほ場54a、実証ほ場56a
2. 慣行ほ場、実証ほ場ともに作付品種は「あきたほのか」

2. 事例Ⅱ

■ キャベツ、スイカ　　実践者：横手市　B法人

B法人では、水稲に加え、キャベツ、スイカ、ダイコン等の複合作目に取り組んでいます。

地下かんがいシステムは、全経営面積に導入されており、施工初年度から積極的に地下かん水を行っています。

また、ほ場には額縁明渠等を施工し、排水対策をしっかり行っています。

業務用キャベツを作付

地下かんがい実施の判断

キャベツ、スイカは、ほ場の乾き具合を見て、多いほ場では１作期に３～４回かんがいする。
キャベツは、定植後の活着促進を図るためかんがいを実施する。

地下かんがいのやり方

①夕方に取水口を開き、2日間程かんがいを実施
②目標地下水位まで水が来ているか確認　←　地下水位調節器の排水状況、畝間の湿り具合
③目標地下水位に達していない場合は、かんがい時間延長

地下かんがいのポイント

・ほ場によって地下水の上がり方が違うため、ほ場特性を把握することが必要
・ほ場が１ha区画のため、まんべんなく水が行き渡りづらい。そのため、かん水チューブ等による地上かんがいと組み合わせることも必須
・かんがい効果を高めるため、ゴミ取りは必須作業

3. 事例Ⅲ

■アスパラガス、小ギク、リンドウ　実践者：由利本荘市　C法人

C法人では、水稲に加え、アスパラガス、小菊、リンドウの複合作目に取り組んでいます。

地下かんがいシステムは、全経営面積に導入されており、加えて、野菜類の作付け時には額縁明渠等を施工しながら排水対策をしっかり行っています。

アスパラガスを作付

地下かんがい実施の判断

盆以前は、基本的に取水口、排水口ともに開閉し地下に水が流れている状態にしている。
盆以降は、週２回程度に排水口を閉め、地下かんがいを実施している。

地下かんがいのやり方

①朝に取水口を開き、排水口を閉め、夕方までかんがい実施
②目標地下水位まで水が来ているかを確認　←　地下水位調節器からの排水状況
③目標地下水位に達していない場合は、かんがい時間延長

地下かんがいのポイント

・降雨時は取水口をしっかり閉め、過剰に水が入らないように注意
・水位調節器やエアー抜き器等が出っ張っているので、畦畔除草の際は傷めないように注意が必要
・かんがい効果を高めるため、ゴミ取りは必須作業。取水口上流に網などを設置し、ゴミが入らない工夫が必要

4．地下かんがいシステムを活用してみて～導入者の声～

良かった点

・ネギの日照り対策としてかんがいを実施。かんがいの**効果は高い**と思われる。
・かんがいは夕方から翌朝まで行い、朝に排水すれば、十分ほ場に行き渡っている。
・野菜のみならず、大豆、水稲にも積極的なかんがいの利用は可能と感じている。
・導入後のほ場は、排水性が非常に高い。**降雨後でも早くほ場に入れ**て助かっている。
・エダマメの後作でキャベツを作付しているが、**収穫時期の秋冬でも土壌の乾きが良く、ほ場収穫作業がしやすい**。

気をつける点

・**取水口のゴミ取りが大事**。取水口に草刈り後の草等が流れ込み、詰まった結果、かんがいが十分でなかった。
・野菜の**生育に合わせた水管理**が必要。
・ほ場によっては、隣接するほ場から浸水することがあるので、**ほ場の状態を把握し、対策が必要**。
・大区画になればなるほど、水がほ場全体に行き渡っているかを確認しづらい。**水位調節器以外の確認方法が必要**。
・施工したばかりのほ場は、土壌が落ち着いていないと思うので、**作目選定に注意**が必要。初年度は、かんがいは控えめが良いと思われる。

地下かんがいシステムに対する評価

県内地下かんがいシステムを導入する６経営体から、システムの操作性、排水効果、かんがい設備としての効果について聞き取った結果です。

表　地下かんがいシステムに関する評価

項目＼経営体	a	b	c	d	e	f	平均
操作性	3.0	4.0	5.0	3.5	5.0	3.0	3.9
排水効果	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
かんがい設備としての効果	4.0	3.0	5.0	3.0	4.0	3.0	3.7

注）各評価項目は、高いと感じられる場合を５とし、低いと感じられる場合を１として聞き取りを行った

導入経営体からは、操作性は、システム自体の操作は難しくないが、かんがいの確認方法やゴミ取り作業に苦労しているとのことでした。かんがい設備としての効果は、評価が分かれました。排水効果は、どの経営体からも評価が高いことから、それだけでも導入したメリットがあると感じているとのことでした。

マニュアル執筆者

秋田県農業試験場	野菜・花き部		部長	村上　章
		野菜担当	主任研究員	本庄　求
			主任研究員	篠田光江
			専門員	檜森靖則
			研究員	齋藤雅憲
			技師	菅原茂幸
		花き担当	主任研究員	間藤正美
			主任研究員	横井直人
			主任研究員	山形敦子
	生産環境部		部長	武田　悟
		土壌基盤担当	主任研究員	中川進平
	企画経営室	経営班	主任研究員	黒沢雅人
秋田県農林水産部	農地整備課	農地整備班	主幹	長嶋　満
			副主幹	小嶋幸喜

問い合わせ先

秋田県農林水産部　農地整備課　〒010−8570　秋田市山王四丁目1−1
電　話　018−860−1824、ＦＡＸ　018−860−3863
秋田県農業試験場　〒010−1231　秋田市雄和相川字源八沢34−1
電　話　018−881−3330、ＦＡＸ　018−881−3301