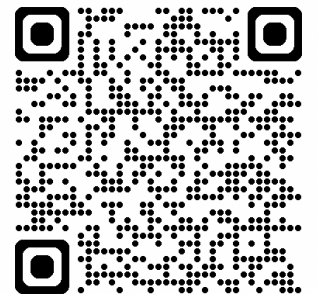


2024. 8. 27

気候変動による農作物等の高温対策 WEB 勉強会

栃木県農作物生産における 気候変動適応ガイド（第1版） について

栃木県農政部
経営技術課技術指導班
大島正稔



ガイドに関するホームページアドレス
<https://www.pref.tochigi.lg.jp/g04/kikoguide/top.html>

今日の話の内容

- ・ ガイドの概要について
- ・ 作成の経緯について
- ・ 掲載対策の紹介について

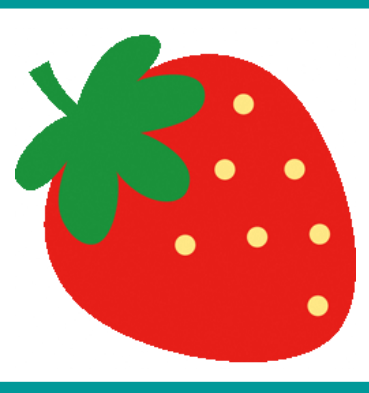
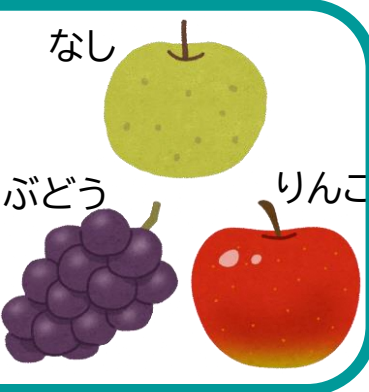
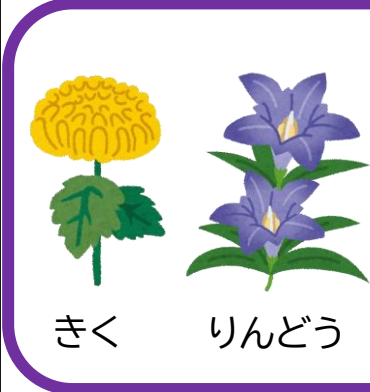
ガイドの概要について

作成の趣旨

- ・ 喫緊の課題への適応策の普及のために
- ・ 若い担い手が将来に向けて着実な備えを進めることができるように
- ・ 気候変動に適応した農業を実現し、持続可能な生産体制の構築につなげる

8品目について掲載

栃木県の主要作物や農家へのアンケートを基に選定

			
水稻	いちご	トマト	ほうれんそう
			
にら アスパラガス	なし ぶどう りんご	きく りんどう	飼料用トウモロコシ 牧草
その他の野菜	果樹	花き	飼料作物

主要
作物

アン
ケート
結果

ガイドの内容

第1章 気候変動の状況

1 近年の気候変動の状況

気象庁の 2020 年1月の発表によると、これまで日本の平均気温は様々な変動を繰り返しながら上昇しており、1898 年以降では 100 年あたり 1.28℃ 上昇しています。特に 1990 年代以降、高温となる年が頻繁に現れています。栃木県（宇都宮）の気温上昇は日本の平均より高く 2.4℃ 上昇しています。気温の上昇にともない、真夏日や猛暑日は増え、冬日は少なくなっています。栃木県内でも黒磯、宇都宮、佐野の 1978 年から 2022 年の平均気温は上昇しており、県南の方が上昇の割合が高い傾向が見られます。

表1 日本と栃木県の近年の気象状況

項 目	1991～2020年 平年値(宇都宮)	気候変動の状況	
		日 本 ^{※1}	栃 木 県(宇都宮) ^{※2}
年平均気温	14.3℃	(100年増減) 約1.28℃ 上昇	(100年増減) 約2.40℃ 上昇
真夏日日数	49.6日	(100年増減) 約6.7日 増加	(100年増減) 約26.7日 増加
猛暑日日数	5.9日	(100年増減) 約1.0日 増加	(100年増減) 約6.0日 増加
冷日日数	72.9日	(100年増減) 約17.0日 減少	(100年増減) 約48.2日 減少
年降水量	1524.7mm	長期変化傾向は見られず	長期変化傾向は見られず

※1 都市化の影響を受けやすい13 地点の平均値、年降水量は観測データの日別値が長期継続している 51 地点の平均値

※2 都市化の影響を受けやすい13 地点の平均値、年降水量は観測データの日別値が長期継続している 51 地点の平均値

(気象庁データより栃木県内推定)

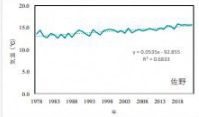
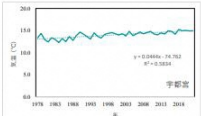


図1 黒磯、宇都宮、佐野の平均気温の推移

1 水稲

1 現在の気候変動影響と適応策

水稲の収量は、気温及び CO₂濃度の上昇に伴い増加する傾向にありますが、2061～2080 年頃をピークに玄米の小粒化(千粒重が軽くなる)傾向により収量が減少に転じ、コメの品質の指標である整粒率は低下すると予想され、収量品質ともに気候変動の影響を受けることが予想されます。栃木県の水稲の年収量は 1960 年代から増加が続けていましたが、2004 年以降は増加傾向が続いています。これは気候変動の影響も考えられますが、社会的要因（食味重視など）も考えられます。

また、水稲の品質について栃木県における 1981 年からの 1 等米比率（％）を示しました。過去、2001 年に 1 等米比率が 40％となったのが最低です。品質低下の要因を解析すると、2001 年以前の品質低下の要因は、低温・日照不足、2002 年以降は高温による品質低下が多いようですが、栃木県は概して品質が高位に維持されており、気候変動が米の品質に大きく影響しているとは言えません。

それでも、2023 年のように、稲の生育期間の高温は品質面への影響が大きく白未熟粒の発生、胴割米の発生、カメシ類による着色米、不稔が増加すると予想されます。



図1 栃木県における10aあたり年降水量及び10aあたり収量の推移

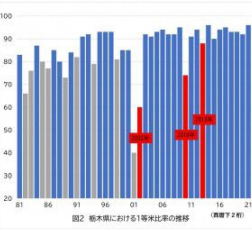


図2 栃木県における1等米比率の推移

第3章 農業気象災害のリスクヘッジのための制度活用

気象災害への対策として、技術対策と併せ、農業保険への加入が有効です。農業保険には農業共済と収入保険があり、掛金（農業共済）や保険料（収入保険）の一部を国が補助しています。

農業保険の種類	加入の対象 (共済目的)	対応リスク	備考
農作物共済	水稲・陸稲・麦	風水害、病虫害等	補償期間 水稲…本田移植期から収穫をするときまで 陸稲・麦…発芽期から収穫をするときまで
果樹共済	なし	凍霜害、病虫害等	補償期間は発芽期から、その年の果実を収穫するまで
園芸施設共済	ビニールハウス、多目的ポットハウス(多目的防災園ハウス)等	風水害、雪害、雹害等	加入申込みは同時
保管中農産物補償共済	農作物共済(水稲・陸稲・麦)、果樹共済(なし)、畑作物共済(大豆)の共済を目的	収穫後、保管中の火災、盗難、自然災害及び輸送中の事故等による損害	補償期間 A タイプ…責任開始日から連続する120 日間 B タイプ…責任開始日から1 年間
収入保険	全品目が対象	収入減少	加入申込みは11 月まで(個人の都合)

※この他に栃木県農業共済組合では畑作物共済(大豆・蚕繭)や家畜共済(豚・馬)も実施しています。

(1) 農業共済とは

農作物共済や果樹共済は、災害による収量減少を補填する制度で、比較的安価な掛金で加入できますが、対象作物が限定されます。また、水稲共済の品質方式については、高温等を原因とする米の品質低下による損失を補填するものです。(こちらについては加入条件があります。)

園芸施設共済はビニールハウスなどの園芸施設が、台風、大雪、ダウンバースト等の気象災害により損害を受けた場合に、被害の程度に応じて補償される制度です。特約を付加することで、復旧や撤去費用の補償も追加できます。

【園芸施設共済：共済金の支払い対象となる事故】



参考資料

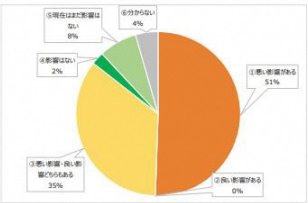
農業経営における気候変動の影響に関するアンケート結果

- 県内各地域の農業者（36 品目）を対象に、360 名から回答を得た。
- 農業者の 86％が、気候変動により農業経営に悪い影響があると回答し、品質の低下（16％）、生育不良（14％）、収量の低下（13％）などの影響が挙げられた。
- これらの農業者のうち、対策を講じている農業者は 58％に留まり、42％が現在対策を実施していないという状況であった。
- 気候変動に伴う農業生産への影響について、85％が将来不安があると回答しており、農業者が求めている情報としては、技術対策（24％）、適応品種（19％）、気象の変動予想（12％）が上位を占め、被害軽減に関する情報を求める傾向が見られた。

【調査内容】

・調査期間：2022 年 11～12 月 ・調査方法：対面による聞き取り ・回答数：360 件

- 1 現在、あなたの農業経営は、気候変動の影響を受けていますか？（結果）
- 全体の 51％が悪い影響があると回答。良い影響があるは無し。悪い影響と良い影響どちらもあるが 35％で、影響はないまたは現在はまだ影響はないが 10％であった。特徴的な傾向を示す品目もあり、一方で、大豆、りんどう、キタ、トマト、ほうれんそう、飼料作物等は、悪い影響がある割合が高い。一方で、大豆、にら、春菊、えだまめ、ズッキーニ、いちじく等では、悪い影響がある割合が少ない。



気候変動の状況

作物別の影響と対策

農業気象災害のリスクヘッジのための制度活用

参考資料 (気候変動の影響に関するアンケート結果)

作物別の影響と対策の構成

1 水稻

1 現在の気候変動影響と適応策

喫緊の課題への適応策の普及のために

整理表

表1 現在生じている気候変動影響

影響を引き起こす気候	作物の症状	品質・収量等への影響	被害の大きさ ※ 1	被害の発生頻度 ※ 2
出穂・登熟期の高温	ア 白未熟粒の発生	品質低下	大	高
	イ 粒の充実不足	品質・収量低下	中	高
	ウ 胴割米の発生	品質・収量低下	大	高
出穂期以降の高温	エ 作期の前進	品質・収量低下	中	中

※1：生産量の減少程度で大、中、小、※2：一定年数中の発生年の割合で高、中、低

詳細解説

ア 白未熟粒の発生

登熟初中期の高温（出穂期から 20 日間の平均気温が 27℃以上、最高気温 34℃以上、最低気温 24℃以上のいずれかの日が 5 日以上続く等）によって、白未熟粒が多くなります。

高温に遭遇した時期によって発生部位が異なり、心白、腹白、背白、乳白粒等を総称して白未熟粒といわれており、胚乳細胞へのデンプン蓄積が阻害されて発生します。白く見えるのは、デンプン粒間に空隙が生じ、そこで光が乱反射するためです。穂の温度が高くなると、胚乳細胞へのデンプン蓄積が阻害され、デンプン粒の間に空隙が生じます。

作物別の影響と対策の構成

整理表

(2) 現在実施されている適応策（5年後の営農を見据えて取り組める事項）

表2 現在実施されている適応策

作物の症状	現在実施されている適応策	適応策の効果※	留意事項
白未熟粒の発生	ア 水管理の徹底	A	用水の総量が決まっているため、急に湛水を指導してもタイミングによっては実施が困難な地域があります。同様の理由から、かけ流しの指導も困難です。
	イ 土壌改良	B	
	ウ 品種転換	A	
	エ 適正な肥培管理	A	
脇割半の発生	オ 早期湛水防止	A	中生の晩～晩生品種の作付割合が増加しており、9日以降の田水の

※A：優れた効果がある、B：効果がある、C：やや効果がある

詳細解説

ア 水管理の徹底

(ア) 深水管理

分げつ期には、無効分げつの発生を抑えるため、ほ場内を深水になるよう管理します。こうすることで、白未熟粒を引き起こし、やうい粒数過剰になることを防ぎます。

2 20 年後を見据えて準備しておく事項

若い担い手が将来に向けて着実な備えを進めることができるように

(1) 将来懸念される気候変動影響

作物別の影響と対策の構成

表5 将来懸念される気候変動影響

影響を引き起こす気候	作物の症状	品質・収量等への影響	被害の大きさ ※1		被害の発生頻度 ※2	
			現在	将来	現在	将来
生育期間の低温	ア 遅延型冷害	生育が遅延して、成熟に至らず、収量が低下します。	小	↗	中	↗
	イ 障害型冷害	減数分裂期の低温により受精が妨げら	中	↗	中	↗

詳細解説を掲載

(2) 準備が必要な具体的な事項

表6 準備が必要な具体的な事項

具体的な実施内容	導入によって見込まれる効果	課題
ア ドローンによる生育診断に基づく適切な施肥	登熟期の高温回避が図られる可能性があります。	マルチスペクトルカメラの精度向上。
イ 地域の話合いによる適正な水資源の配分	地域の話合いにより、計画的・適正な水資源の配分が行われます。	適正な水管理を行うための、話し合いの場の設定が必要です。

詳細解説を掲載

作物別対策の主な内容（抜粋）

■は喫緊の対策、□は 20 年後を見据え必要な対策を記載

作物名	主な対策
水稲	■白未熟粒対策：水管理の徹底、土壌改良、品種転換 ■胴割米対策：早期落水防止、刈遅れの防止 □品質確保対策：高温耐性品種の利用、水利用の話し合い
いちご	■花芽分化遅延対策：とちあいかの導入、夜冷庫の有効活用 □浸水対策：高設栽培システムの導入 □風雪害対策：ハウスの増強、強度の高いハウスの導入
トマト	■高温障害対策：細霧冷房、遮光カーテン、遮光塗料 ■着果不良対策：マルハナバチ巣箱の昇温抑制 □高温対策：ハウスの高軒高化、時期に応じた作物選定
ほうれんそう （高冷地）	■発芽不良対策：遮光ネット、かん水 ■病害虫対策：土壌消毒、発生予察に基づく適期防除 □高温対策：遮光塗料、品目転換

その 他 野 菜	にら	■葉先枯れ対策：遮光ネット □生育不良対策：かん水管理システムによる適切な水管理
	アスパ ラガス	■奇形芽対策：ハウスの通気性向上、散水による地温低下 □昇温抑制対策：開口部の設置、株元冷却技術の導入
果樹（なし、ぶど う、りんご）		■日焼け：かん水の励行 □収量品質確保対策：ほ場の選定、品種・品目転換の検討
花き	きく	■開花遅延対策：モニタリングによる環境制御、遮光カーテン □高温対策：環境制御による栽培管理、施設や機器の改善
	りんどう	■着色不良対策：遮光ネット □栽培対策：農業用水の確保、圃場の選定
飼 料 作物	飼 料 用 トウモ ロコシ	■湿害対策：明きょ対策の実施、耕盤破碎 □収量確保対策：発生予察に基づく病害虫対策
	牧草	■サイレージ品質低下対策：原料への乳酸菌等の添加 □収量確保対策：気温変化等を踏まえた作期の分散

概要版も作りました

栃木県農作物生産における気候変動適応ガイド（第1版） — 概要版 水稻編 —

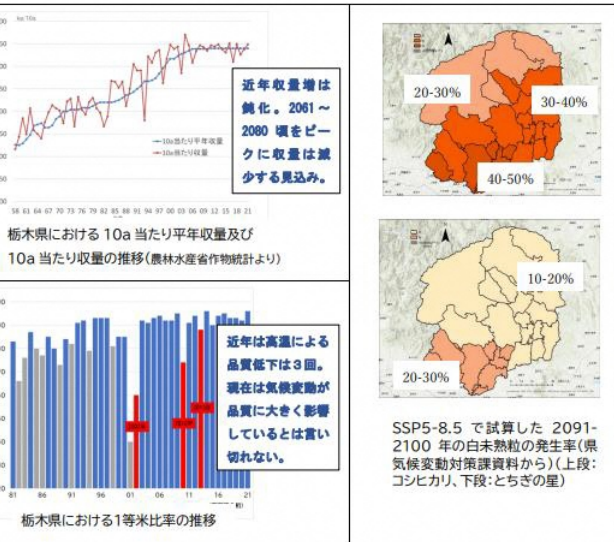
★栃木県農作物生産における気候変動適応ガイドとは
気候変動が進行している状況において持続的に農業生産に取り組めるよう、適応するための技術対策や営農方法をまとめたものです。
栃木県の主要な農作物8品目について、現時点で生じている気候変動の影響と必要な技術対策とともに、20年後を見越したリスクへの対策を示しています。
本冊子はその概要版となっています。

ガイド全般および概要版は下記ホームページアドレスに掲載しています。
<https://www.pref.tochigi.lg.jp/g04/kikoguide/top.html>



1 現在の気候変動影響と将来懸念される気候変動影響

2020年の気象庁の発表では、栃木県（宇都宮市）の平均気温は100年間で2.4℃上昇しています。今後、十分な温室効果ガス排出量を抑制する対策を講じなければ、さらに平均気温が上昇すると予測されています。
水稻では白未熟粒を中心に品質低下のおそれがあります。



2 当面の適応策

現在影響がある課題に対しては、適切に対策を講じましょう。

水管理の徹底

～高温発熱障害回避～

実施時期：作業毎に異なる

深水管理 最高分け時期～出穂前

中干し 最高分け時期

間断かん水 出穂後～出穂後30日

通水 登熟期～収穫前

日中節水 散水通水

土壌改良

～白未熟粒発生対策～

実施時期：作前

作土深の確保

有機物の施用

エゾくり肥料等資材の施用

透水性改善

品種転換

～白未熟粒発生対策～

実施時期：作前

とちぎの星の作付け

白未熟粒率（%）

とちぎの星とコシヒカリの白未熟粒発生割合（栃木県試より作成）

早期落水防止

～倒伏米発生対策～

実施時期：登熟期

早すぎる落水は収量・品質低下する

刈遅れ防止

～倒伏米発生対策～

実施時期：収穫期

刈取適期の収穫

カメムシ類防除

～病害虫防除対策～

実施時期：出穂3週間前～

高温で増えるカメムシの防除は必須

※A：優れた効果がある、B：効果がある

その他の技術

白未熟粒の発生対策には適正な肥培管理も効果的です。（効果A）

3 将来（20年後）に想定されるリスクと準備が必要な対策

長期的経営計画を踏まえ、必要な対策を取り入れていきましょう。

ドローンによる生育診断に基づく適切な施肥

～高温発熱障害対策～

実施時期：幼穂形成期

見込まれる効果
窒素の適切な施肥で収量増進や基部未熟粒、育白粒の減少による品質低下の回避が期待されます。

地域の話し合いによる適正な水資源の配分

～高温発熱障害対策～

実施時期：出穂期～登熟期

見込まれる効果
必要な時期に必要な水の確保が期待されます。

5月上旬～下旬への移植時期分散

～高温耐性対策～

実施時期：移植期

見込まれる効果
移植時期の分散で高温リスクの低減が期待されます。

雑草対策

～高温耐性対策～

実施時期：移植期～分け時期

見込まれる効果
今後侵入が予想される温暖地型雑草の防除が期待されます。

カメムシ類対策

～稲穂雑草管理～

実施時期：最高分け時期～出穂期

見込まれる効果
高温で増えるカメムシ類の密度低下が期待されます。

高温耐性品種の利用

～高温でも品質低下しない品種の導入～

実施時期：作前

見込まれる効果
品種の能力により品質低下の回避が期待されます。

発行
栃木県農政部 経営技術課 技術指導班
宇都宮市瑞田 1-1-20 TEL：028-623-2322
お問合せ先：最寄りの農業振興事務所まで

作成の経緯について

栃木県の近年の気候変動状況

項 目	1991～2020年 平年値(宇都宮)	気候変動の状況	
		日 本※1	栃 木 県(宇都宮)※2
年平均気温	14.3℃	(100年当たり) 約 1.28℃ 上昇	(100年当たり) 約 2.40℃ 上昇
真夏日日数	49.6日	(100年当たり) 約 6.7日 増加	(80年当たり) 約 26.7日 増加
猛暑日日数	5.9日	(100年当たり) 約 1.9日 増加	(80年当たり) 約 8.9日 増加
冬日日数	72.9日	(100年当たり) 約 17.0日 減少	(80年当たり) 約 48.2日 減少
年降水量	1524.7mm	長期変化傾向は見られず	長期変化傾向は見られず

(気象庁データより栃木県作成)

※1 都市化の影響を受けていない13地点の平均値、年降水量は観測データの均質性が長期間継続している51地点の平均値

※2 都市化の局地的な気温の上昇が加わっている

農業気象災害の発生回数、被害額の比較

	2001～2010 年		2011～2020 年		被害額増加率 (b) / (a)
	発生数 (回)	被害額 (a) (百万円)	発生数 (回)	被害額 (b) (百万円)	
気象災害全体	90	11,687	112	49,209	<u>4.2 倍</u>
台風	18	2,244	16	19,806	8.8 倍
降雪	3	109	8	14,864	136.4 倍
降霜・低温(春)	3	1,409	4	3,297	2.3 倍
その他 (大雨、強風、降雹等)	66	7,925	84	11,242	1.4 倍

※地震・落雷除く



2 これからの気候変動



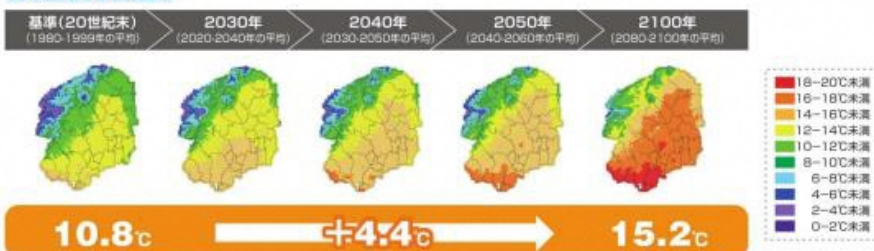
国の研究機関等は、気候モデルを用いて21世紀末までの気候変化の予測データを公表しています。本県の予測結果を整理すると以下のとおりです。

今後、追加的な温室効果ガスの排出抑制対策を行わない場合、更なる気温の上昇や極端な豪雨の増加等が予測されています。

※①～⑦の図は、日本域バイアス補正気候シナリオデータ(NIES2019データ)を用いて栃木県が作成
石崎 紀子, 2020: CMIP5をベースにしたCDFM手法による日本域バイアス補正気候シナリオデータ, Ver.202005,
国立環境研究所 地球環境研究センター, doi:10.17595/20200415.001.(参照2021/8/28)

※⑧～⑪の図は、「気近未来予測力学のダウンスケールデータ(東北から九州) by SI-CAT」を用いて栃木県が作成

① 年平均気温



② 日最高気温



③ 真夏日の年間日数



④ 猛暑日の年間日数



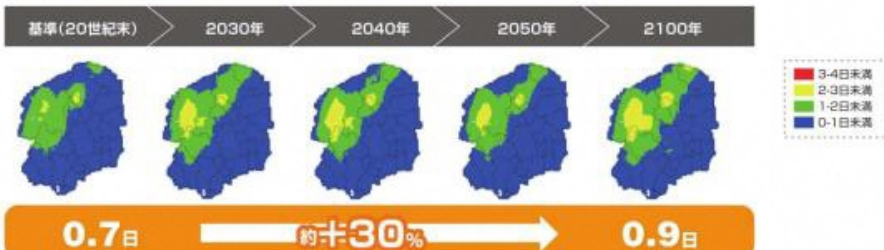
⑤ 冬日の年間日数



⑥ 年間降水量



⑦ 日降水量100mm以上の日数



作成の流れについて

令和4年5月：栃木県農業気象災害対策協議会を設立、ガイドの作成を決定

協議事項

- (1) 農業気象災害への対応力の強化等に必要な普及啓発及び情報発信に関する事項
- (2) 気候変動への適応に必要な技術対策の推進に関する事項
- (3) 地域協議会との情報の共有や効果的な取組の推進に関する事項
- (4) 農業気象に係る業務の推進に関する事項
- (5) その他必要な事項

構成員：県（農政部）、JA中央会、宇都宮地方気象台、全農とちぎ、農業共済組合

令和4年11～12月：「気候変動の農業に対する影響」等に係るアンケートの実施

令和5年3月：栃木県農業気象災害対策協議会で品目決定

令和5年4月：革新支援専門員が作成着手

令和6年2月：農業士、JA、振興事務所等に意見照会

令和6年3月：完成

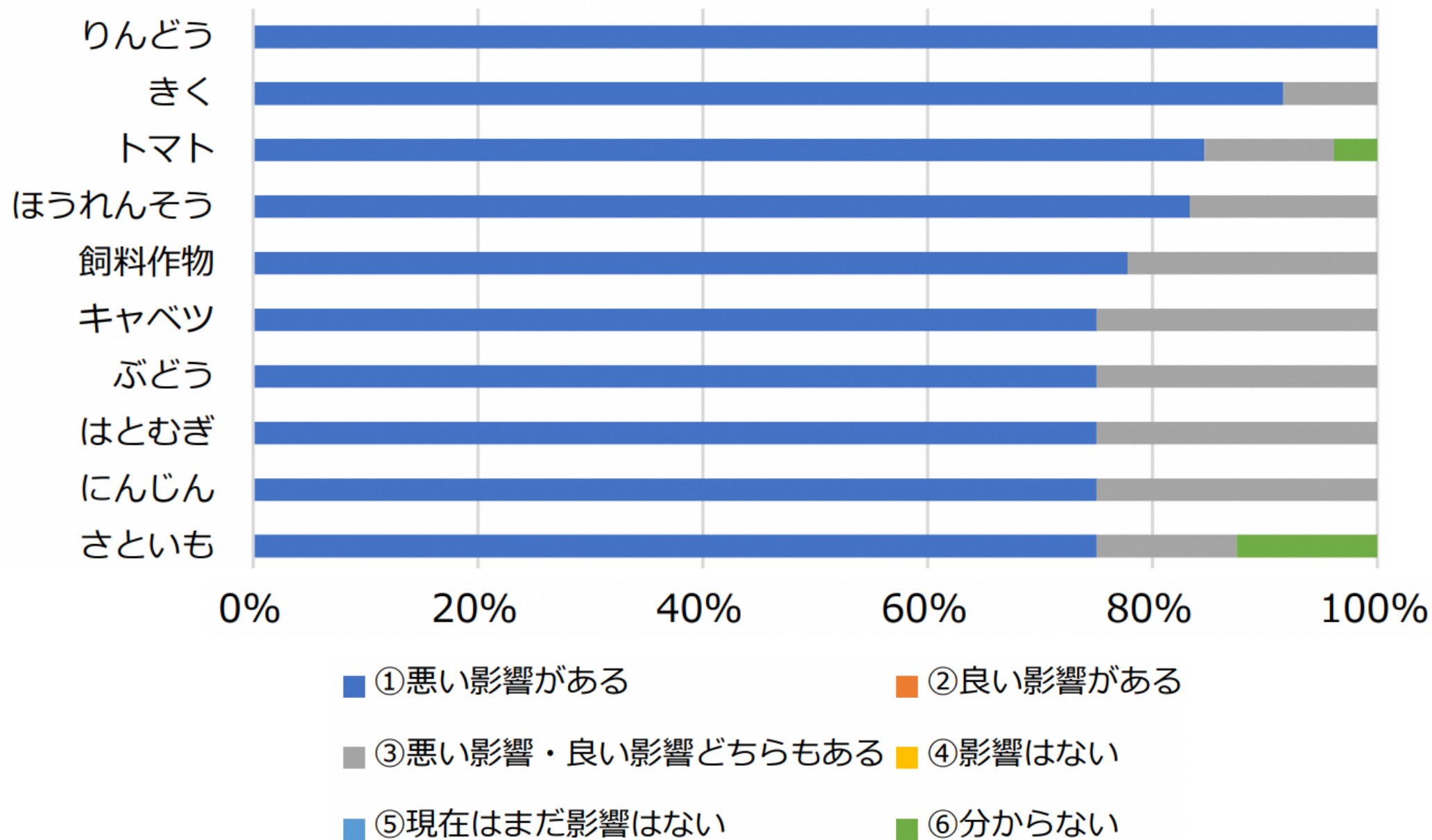
令和6年6月：概要版完成

令和6年6月：ホームページで公開

農業経営における気候変動の影響に関するアンケート結果

- 県内各地域の農業者（36 品目）を対象に、360 名から回答を得た。
- 農業者の 86%が、気候変動により農業経営に悪い影響があると回答し、品質の低下（16%）、生育不良（14%）、収量の低下（13%）などの影響が挙げられた。
- これらの農業者のうち、対策を講じている農業者は 58%に留まり、42%が現在対策を実施していないという状況であった。
- 気候変動に伴う農業生産への影響について、85%が将来不安があると回答しており、農業者が求めている情報としては、技術対策（24%）、適応品種（19%）、気象の変動予想（12%）が上位を占め、被害軽減に関する情報を求める傾向が見られた。

悪い影響があると回答した割合が高い作物



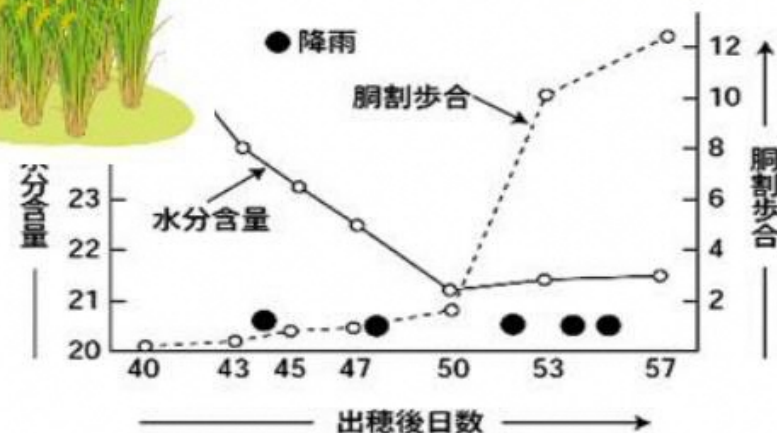
掲載対策の紹介

（概要版からの抜粋）

水稻

刈遅れ防止 — 胴割米発生対策 —

実施時期：
収穫期



出穂後日数と胴割粒発生の関係

刈取適期の収穫で胴割米防止

トマト

遮光カーテンの活用

－ 高温障害対策 －

実施時期：高温期

効果

A



ほうれんそう

かん水の実施

－収量性・品質向上対策－

実施時期：
播種～生育期



かん水の様子
(左：かん水チューブ、右：頭上かん水)

果樹

基肥の春肥施用 －凍害(発芽不良)対策－

対象：

なし

実施時期：

春季（目安3月）

効果

A

- ・ 基肥の散布時期を慣行の秋冬季から翌春に変更することで、花芽の枯死率を大幅に減らせることが報告されている
- ・ 春の施用に切り替えても樹体や生産性への影響はない



飼料作物

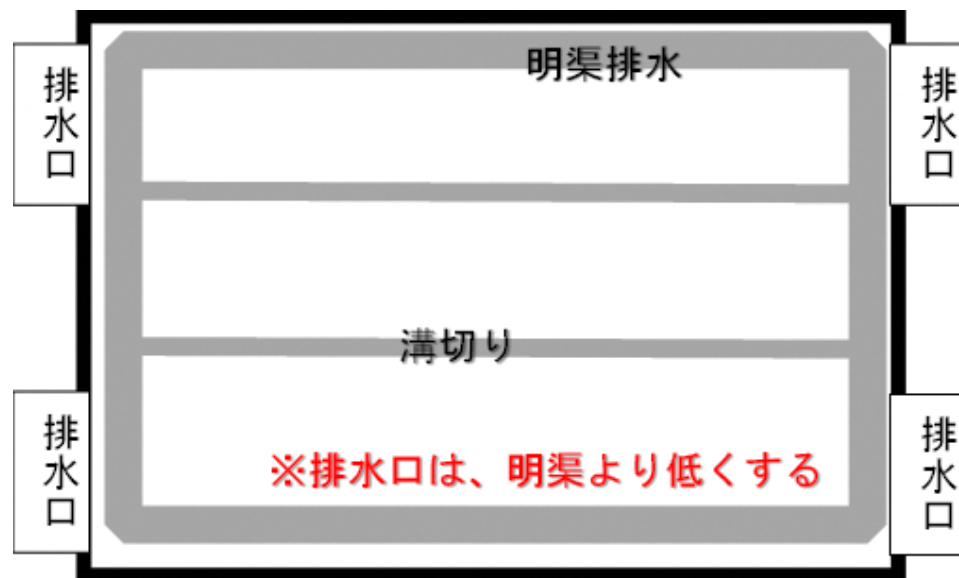
明渠排水（地表排水） － 湿害対策 －

対象：飼料用トウモロコシ
牧草

実施時期：
前作終了後～作前

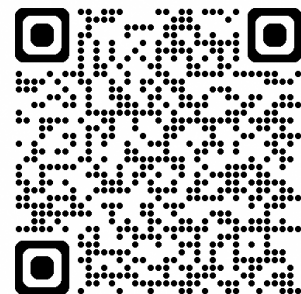


明渠が施工されたほ場



明渠排水施工のイメージ

ご清聴ありがとうございました



ガイドに関するホームページアドレス
<https://www.pref.tochigi.lg.jp/g04/kikoguide/top.html>