

## 8 飼料作物（飼料用トウモロコシ、牧草）

### 1 現在の気候変動影響と適応策

気象庁は2020年の「大気と陸・海洋に関する観測・予測評価報告書」において、21世紀末までの将来予想として、気温の上昇により猛暑日が増加し冬日は減少するとしています。また、雨の降る日が減少する一方で、短時間強雨の発生頻度は増加し、強い台風の発生割合も増えると予測しています。2019年には関東・東北で大型の台風第15号、第19号が上陸して甚大な被害が発生しました。

こうした、気候変動による飼料生産への影響として、牧草、飼料用トウモロコシの減収や品質低下が発生するなど、気候変動に対応した技術対策が重要になってきています。

飼料用トウモロコシでは、強力な台風による倒伏や大雨による湿害及び降雨日数の減少による干ばつなどの水ストレスで障害や病害が発生しやすくなることが予測されます。その一方で、気温の上昇に伴い収量が増加する予測や、二期作可能地域の拡大も考えられます。

寒地型牧草では、生育期の高温・少雨、収穫期の高温による夏枯れや、栄養成長期・収穫期の高温、収穫期の多雨によるサイレージ品質低下、また、生育不良、収穫遅れ、凍結死、病害の多発、湿害などが懸念されます。

#### (1) 現在生じている気候変動影響

##### 飼料用トウモロコシ

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
多雨	ア 湿害の発生	品質・収量低下	小	低
暴風	イ 倒伏の発生	品質・収量低下	中	低
多雨・高温	ウ 病害虫の発生	収量低下	小	低
大雨	エ 土壌流亡	収量低下	小	低

※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

##### ア 湿害の発生

飼料用トウモロコシは飼料作物の中では耐湿性が低く、地下水位の上昇や土壌表面における停滞水により発育が不良になることが懸念されます。

表2 地下水位別適応作物

(高橋 1979 改変)

地下水位	適応する作物
(湛水)	イネ、飼料用イネ
-10cm 以下	イタリアンライグラス、ラジノクローバー、トールフェスク
-20cm 以下	ヒエ、シコクビエ、ローズグラス、カラードギニアグラス
-30cm 以下	オーチャードグラス、赤クローバー、ソルガム
-40cm 以下	飼料用トウモロコシ

## イ 倒伏の発生

飼料用トウモロコシの倒伏には根元から倒れる「転び型倒伏」と稈が折れる「折損型倒伏」の2つの型があります。日本国内における倒伏は台風などの降雨を伴う強風によって発生することが多く、その主体は「転び型倒伏」です。しかし「転び型倒伏」だけでなく「折損型倒伏」も多く含む倒伏の事例も散見されています。



図1 台風による「転び型倒伏」



図2 倒伏の種類(左:転び型、右:折損型)

## ウ 病害虫の発生

生育初期では長雨と急激な高温により、フザリウム属菌やピシウム属菌などの糸状菌に起因する苗立枯病が散見されるようになってきています。生育の後期では激しい雨と高温条件にさらされると根腐病が発生し、倒伏やサイレージの二次発酵被害が発生するリスクが高くなります。

絹糸(めしべ)抽出時期の大雨は、赤かび病によるかび毒の発生も懸念されます。さらに、生育期の高温によって、ヨトウムシ類やメイガ類の発生増加も懸念されます。



図3 苗立枯病

出芽時に多湿条件にあうと苗が枯死する糸状菌病。種子が感染して出芽しないこともあります。出芽後3-4葉時に苗が萎凋枯死することが多いです。



図4 赤かび病(2015 日本科学飼料協会)

糸状菌病の一種で、子実に淡紅色または鮭肉色のかびを生じます。病勢が進むと紫黒色となり、穂軸まで侵されることもあります。全国で発生します。



図5 ヨトウムシ類

ヨトウガ、ハスモンヨトウ、アワヨトウ、ツマジロクサヨトウ※などがあります。孵化したての幼虫は、葉裏に群生し葉裏から食害します。大きくなると夜行動するため見つけにくく、分散し、被害が拡大します。  
※ツマジロクサヨトウを発見した場合は県に連絡をお願いします。



図6 メイガ類

アワノメイガは飼料用トウモロコシの最大の害虫。卵が飼料用トウモロコシの穂に産み付けられると、そこからふ化した幼虫が飼料用トウモロコシの茎の内部に潜り込み、実や茎を食い荒らします。幼虫の体長は15 mm程度、体色は淡黄色です。

## 工 土壌流亡

激しい雨の発生回数が増加する環境で、地表面に有機物の少ない土壌がむき出しになると、土壌流亡（エロージョン）が発生しやすくなります。有機物が少ない土壌では植物の発芽定着や生育が悪く、土壌流亡はより発生しやすくなります。深過ぎる耕起により、有機物の少ない心土（作土の下層土）を表面に出さないよう留意が必要です。



図7 飼料畑の土壌流亡

## 牧草

表3 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
高温	ア 夏枯れの発生	収量低下	小	低
多雨	イ サイレージの品質低下	品質低下	小	低
	ウ 湿害	収量低下	小	低
大雨	エ 土壌流亡	収量低下	小	低
	オ 倒伏	収量低下	中	低

※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

### ア 夏枯れの発生

夏枯れは、夏場の高温や干ばつ等が原因として考えられており、温暖化の影響で夏枯れの地域が拡大傾向にあります。発生すると、生育がほとんど停滞し、再生力も低下します。栃木県においてイタリアンライグラスは単年利用が多く、5月ごろに収穫してしまうため、耐暑性はあまり問題になりませんが、放牧場や永年草地で利用されるオーチャードグラスなどの比較的耐暑性のある永年生イネ科牧草でも発生します。ペレニアルライグラスなどではさび病の発生を伴うこともあります。

表4 主なイネ科牧草の耐暑性と特徴

草種名	年生	耐暑性	特 徴
トールフェスク	多年生	強	土壌や気象適応性が高く、耐暑性に優れます。夏枯れが発生しやすい地域で栽培されるが嗜好性はやや劣ります。
オーチャードグラス	多年生	中	採草及び放牧の両用。耐寒性が強く比較的耐暑性もありますが耐湿性が劣ります。
ケンタッキーブルーグラス	多年生	中	土壌に対する適応性は広く、冷涼で比較的湿潤な気候を好みます。生産力、家畜の嗜好性や栄養価はやや劣ります。
メドウフェスク	多年生	中	放牧に適する。栽培適地はチモシーと同様、本県では高冷地以外での栽培は不向きです。
ペレニアルライグラス	多年生	弱	夏は冷涼で冬は温和な気候を好む。再生力・家畜の嗜好性及び消化率にも優れます。本県では高冷地において、主に放牧用として広く利用されます。
ハイブリッドライグラス	多年生	弱	イタリアンとペレニアルライグラスの交雑種です。採草用として本州以南の高冷地、準高冷地で利用可能です。
イタリアンライグラス(2倍体)	一年生	極弱	初期生育が早いです。夏作の飼料用トウモロコシと組み合わせて栽培される冬作飼料作物の代表的な品種です。
チモシー	多年生	極弱	収量性高、嗜好性に優れるが、高温と乾燥に弱いため、夏枯れ等で持続性が低下しやすいため、本県では高冷地以外での栽培は不向きです。

## イ サイレージの品質低下

ゲリラ豪雨や長雨などにより収穫時期の天候が安定しないため、収穫時期が遅れるケースや、天日干しによる水分調整が十分にできずにサイレージの品質低下を招いているケースも増えてきました。最悪の場合、天日干し期間中に長雨にさらされることで牧草が腐敗し、収穫を断念するケースもあります。

## ウ 湿害

飼料用トウモロコシに較べて、比較的耐湿性に優れるイタリアンライグラスなどの牧草も、播種時期に滞留水に浸かってしまった場合は、発芽不良により収量減少に繋がる場合があります。

## エ 土壌流亡

激しい雨の発生回数が増加する環境で、地表面に有機物の少ない土壌がむき出しになると、土壌流亡（エロージョン）が発生しやすくなります。有機物が少ない土壌では牧草の発芽定着や生育が悪く、土壌流亡はより発生しやすくなります。深過ぎる耕起により、有機物の少ない心土（作土の下層土）を表面に出さないよう注意が必要です。

## オ 倒伏

牧草の収穫時期に豪雨に打たれて倒伏した場合は、刈取作業が困難となり大幅な収量減になるケースも見られます。

## (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）

### 飼料用トウモロコシ

表5 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
湿害	ア 明渠排水(地表排水)	A	
	イ 耕盤破碎(地下排水)	A	
	ウ 畝立て栽培の導入	A	畝立て栽培用の特殊な播種機が必要
	エ 追肥を含む施肥管理	C	追肥は7葉期までが作業限界
倒伏	オ 耐倒伏品種の導入	A	
	カ 播種時期の早期化	B	遅くなるほど収穫時期に台風に遭遇しやすい

※：A:優れた効果がある、B:効果がある、C:やや効果がある

## ア 明渠排水（地表排水）

ほ場の湿害対策としては、「地表排水」を促進させる方法と「地下排水」を促進させる方法の2通りの方法があります。ほ場の状況によりどちらか一方の方法のみしか選択できない場合もありますが、両方を組み合わせることが重要です。

「地表排水」を促進させる方法としては排水口や明渠の整備、栽培ほ場の均平化、溝切りなどの方法が有効です。なお、「地下排水」を促進させる方法については次項に記載しました。



図9 明渠が施工されたほ場

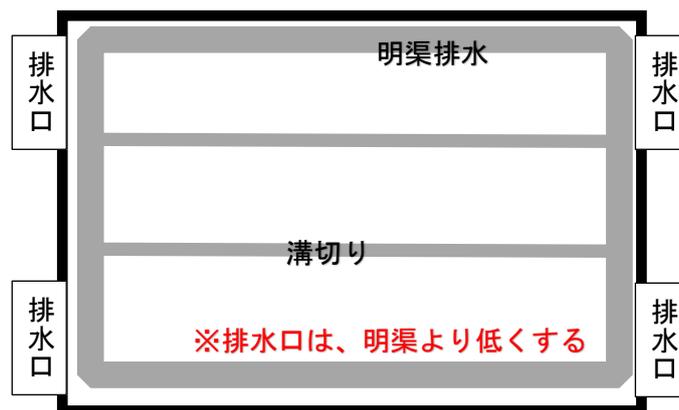


図10 明渠排水施工のイメージ

## イ 耕盤破碎（地下排水）

飼料用トウモロコシの畑では、プラウやロータリーによる耕起で下層土が練りつぶされたり、大型の機械による踏圧で水や空気が通りにくい硬く締まった土層ができることで、耕盤層が形成されます。

その結果、下層まで根を伸ばすことができず、大雨が降ると耕盤層上層の作土層は滞水し、少雨の時には、地下水を利用できません。

そこで、サブソイラなどで耕盤層を破碎することで、飼料用トウモロコシは健全な根を下層まで大きく伸ばすことができ、収量の安定確保につなげることができます。施工作業は畑土壌が十分に乾燥してからにしましょう。

畑の表土が乾いていたら、手で土を掘り取って握り、手を開いて「水滴がたれず、土が2、3個の塊に崩れる」程度なら施工のタイミングとされます。

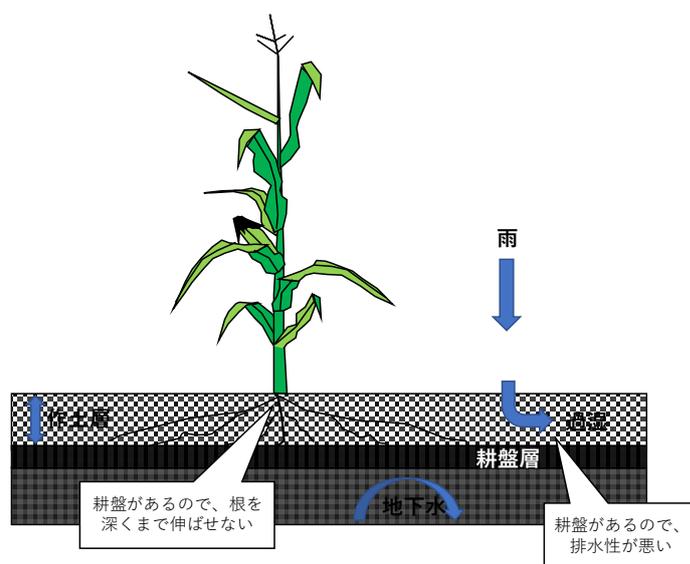


図11 耕盤層による飼料用トウモロコシへの影響について

## ウ 畝立て栽培の導入

半数近くの飼料用トウモロコシは転作水田に作付けされています。ソルガム等に比べ耐湿性が劣るため、ほ場条件により湿害が問題となっています。一方、同様に湿害が問題となっている大豆では、湿害回避技術として耕うん同時畝立て技術が開発され、播種機の改良や導入が進んできており、飼料用トウモロコシへの応用についても既に現地での実証によってその効果が明らかにされています。

農研機構などにより、水田等の排水不良ほ場における飼料用トウモロコシの湿害軽減技術として、耕うん同時畝立て播種技術が開発されています。

(参考文献：飼料用トウモロコシの作付け拡大に向けた新しい栽培技術<2019年度版>

[https://www.naro.go.jp/publicity\\_report/publication/files/nilgs-corn2019.pdf](https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/files/nilgs-corn2019.pdf))

耕うん同時畝立て播種は、アップカッターロータリーと施肥播種機を組み合わせ、畝高さ10cm前後、播種深度3~5cmで飼料用トウモロコシを畝立て播種する技術であり、排水不良ほ場での湿害が軽減される効果が期待できます。ほ場が過湿となるほど湿害軽減効果は顕著になります。

また、プラウ耕やディスクハローに変えて、耕うん、播種、鎮圧作業を同時に行うことができるため、作業時間の大幅な短縮効果が期待できます。特に栃木県においては一般に飼料用トウモロコシは冬作飼料作物(イタリアンライグラスやライ麦)と組み合わせた二毛作体系で作付けされる場合が多いため、耕うん同時畝立て播種を行うことで、慣行法と比較して播種に要する作業時間を削減でき、播種作業の省力化も期待できます。



図 12 耕うん同時畝立て播種区の生育状況  
(日光市内)



図 13 慣行区の生育状況  
(日光市内)



図 14 耕うん同時畝立て播種作業  
(日光市内)

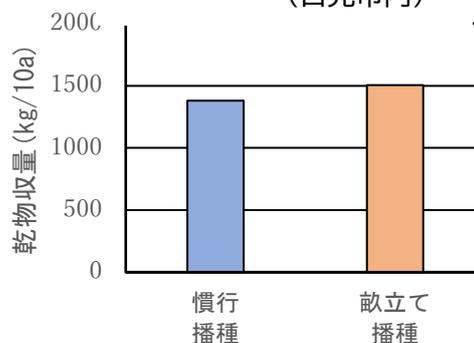


図 15 耕うん同時畝立て播種による増収効果  
(農研機構 大田原市内)

作付草種	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
飼料用トウモロコシ					飼料用トウモロコシ							
イタリアンライグラス	イタリアンライグラス											
飼料用トウモロコシ					飼料用トウモロコシ							
ライ麦	ライ麦											

図16 飼料用トウモロコシと冬作飼料作物の二毛作体系における畝立て栽培による播種作業の短縮効果

## 工 追肥を含む施肥管理

ほ場の湛水等による窒素等の土壌養分および肥料成分の溶脱も大きな湿害発生要因の一つです。湿害発生時に尿素等により5~10kg/10aの窒素を追肥することで飼料用トウモロコシの生育が回復することが知られています。

播種後に長雨があった場合等は、生育後半に肥料切れ（葉の色が淡くなる）が発生するので窒素の追肥が重要です。

飼料用トウモロコシの4~5葉期頃（7葉期まで）に葉が乾いている状態で、ブロードキャストで尿素もしくは硫酸を窒素換算で4kg/10a程度散布します。

また、湿害が予想されるほ場について、事前に尿素等により10kg/10a前後の窒素を追肥することで湿害の軽減が可能です。

春先の低温、干ばつまたは除草剤により飼料用トウモロコシの生育が停滞している時には、専用の液肥の活用で、生育改善が期待できます。液肥は葉から吸収されやすく、ストレスにより飼料用トウモロコシの葉が黄色くなっている状況を改善します。

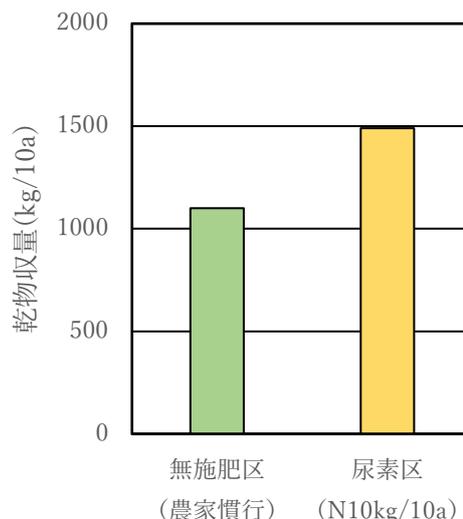


図17 窒素追肥による湿害軽減効果（農研機構）

## オ 耐倒伏品種の導入

栃木県では、飼料用トウモロコシの奨励品種として、耐倒伏性にも十分配慮し品種を選定していますので参考にしてください。

（参考文献：飼料作物奨励品種等特性表【環境飼料：各種技術資料内】）

<https://www.pref.tochigi.lg.jp/g06/gyoseijyoho/kanyoshiryo.html>

## カ 播種時期の早期化

飼料用トウモロコシの播種時期が遅れるほど、収穫時期が遅くなり台風に遭遇する確率が高まりますので、冬作飼料作物はイタリアンライグラスの一部を収穫時期の早いライ麦に変えるなど作期分散を図り、飼料用トウモロコシの播種作業が遅れないようにします。

## 牧草

表6 現在実施されている適応策

作物の症状	現在実施している適応策	適応策の 効果※	留意事項
夏枯れ	ア 耐暑性品種の導入	B	採草利用では刈取り回数を増加 放牧利用では適宜掃除刈を実施 高刈りの実施
サイレージ品質低下	イ 乳酸菌等の添加	A	
湿害、土壌流亡	ウ 明渠排水（地表排水）	B	土壌流亡は流亡箇所を早期修復
倒伏	エ 耐倒伏品種の導入	C	併せて刈り遅れないように注意

※：A:優れた効果がある、B:効果がある、C:やや効果がある

### ア 耐暑性品種の導入

イタリアンライグラスを代表とする寒地型牧草は、暑さに弱いため、冠さび病などが出やすくなりますが、国内で育成された品種は、異常気象下でも安定した収量が得られています。

以下にイタリアンライグラスの奨励品種を掲載していますが、さらに耐暑性が高い牧草が必要な場合は、オーチャードグラスなどを選定しましょう。

表7 イタリアンライグラスの奨励品種

品種名	早中 晩	草型	乾物収量 (kg/10a)	耐倒 伏性	特性及び栽培上の注意
タチマサリ	早	直立	1,210	やや強	・初期生育が良好、強稈 ・冠さび病に弱い（極端な早まきは避ける）
タチユウカ	早	直立	1,244	やや強	・初期生育に優れ、早秋の収量が高い ・再生力が低く、冠さび病に弱い
タチムシャ	中	直立	1,283	やや強	・耐倒伏性が強く、再生力が良好 ・葉量が多い
さつきばれ EX	中	直立	1,251	強	・春の生育が良好 ・再生力が強く収量が多い
フウジン	中晩	直立	1,300	やや強	・初期生育が良好

注) 乾物収量は栃木県畜産酪農研究センターにおける一番草乾物収量の平均値（2019～2021年度）

## イ 乳酸菌等の添加

サイレージ調製の基本原則（適期刈取り、水分調整、細断と踏圧、早期密封）が守られれば、乳酸発酵を促す添加物を使用する必要は、ほとんどありません。しかし、収穫時期が遅れたり、刈取り後に雨にさらされた場合、不良な材料を用いた場合や、開封後の品質管理上問題がある場合などには添加物が有効です。

乳酸発酵を促進するもの、不良発酵を押さえるもの、水分調整などの目的によって添加物を選ぶことが重要です。

表8 主なサイレージ調製用添加物と特性

区分	種類	特徴	問題点	添加法
乳酸発酵促進	乳酸菌及びその製剤	乳酸菌を添加して初期の乳酸発酵を促進、pH を下げ雑菌の増殖を抑制します。	有効炭水化物(糖分)が少ない場合、乳酸発酵は促進されません。	原料の0.5～1%添加。ただし、糖含量が現物中1.5%以下では糖蜜を1%併用します。
	糖蜜 液状糖蜜 糖蜜吸着物 糖蜜飼料	有効炭水化物の少ない材料に添加して乳酸発酵を促進します。	水で希釈すると高水分となり、機械化が難しくなります。	サイロ内で液状糖蜜2～3%を2～3倍に希釈して添加します。 糖蜜吸着物は材料により5～10%添加します。
	ブドウ糖 (グルコース)	乳酸菌に最も利用されやすい炭水化物です。	コストが課題です。	材料の1～2%添加します。
	穀類	炭水化物の補強と水分調整を兼ねます。	添加した穀類の養分量を考慮する必要があります。	米糠、ふすま、脱脂米糠、ビートパルプ、ポテトパルプ5～10%です。
	わら	最も手近な水分調整材であり繊維の補強も兼ねます。	均一添加に注意、過量添加は嗜好性低下し、カビが発生しやすいです。	水分調整は70%程度を目標とし、材料の10～12%添加して発酵促進に米糠3～4%を併用します。
二次発酵抑制	市販添加剤	原料のpHを低下させ不良発酵を抑制しタンパク質の分解を防ぎます。 カビの発生を抑制します。	取り扱い上注意を要します。	pH3～4を目標に調整します。



図18 サイレージ用乳酸菌製剤(WCS用)



図 19 乳酸菌散布装置を取り付けた収穫機

## ウ 明渠排水（地表排水）

牧草が作付けされているほ場は傾斜地が多く、大雨で土壌流亡が拡大し法面の崩壊などに繋がる恐れもありますので、土壌流亡を発見した場合は拡大しないよう速やかに補修するとともに、土壌表面が露出しないよう牧草種子を追播し、裸地を作らないことが大切です。

また、採草地ではトラクターの走行頻度が高い枕地の部分で湿害を生じやすいので、明渠の設置等、ほ場に停滞水が生じないように配慮する必要があります。詳細は飼料用トウモロコシの適応策の記載（P122 のア）を参照してください。

## エ 耐倒伏品種の導入

栃木県で作付面積が多いイタリアンライグラスでは、表 7 の奨励品種特性表を参考に、耐倒伏性の高い品種を作付けし、刈り遅れに注意しましょう（刈り遅れるほど倒伏しやすい）。

## 2 20年後を見据えて準備しておく事項

今後、温暖化が進むと、既存の作付け体系で飼料生産に支障を及ぼす影響があるので、現在の飼料作付け体系の見直しや作期分散について、将来の気候変動を踏まえて検討しておく必要があります。また、公共牧場などの草地では、夏季の高温により夏枯れが発生する頻度が高まり、草地を維持できなくなる恐れがあるので、夏枯れに強い高温耐性品種の導入が必要となります。

### (1) 将来懸念される気候変動影響

#### 飼料用トウモロコシ・牧草

表9 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
気候の不安定化	ア 生育不良や収穫時期の不安定化	収量・品質低下	中	↗	低	↗
台風の多発・大型化	イ 作物の倒伏	収量低下	中	↗	低	↗
夏期の高温	ウ 牧草の夏枯れ	収量低下	小	↗	低	↗
気温上昇	エ 生育の前進化	収量増加	-	↗	-	↗
高温	オ 病害虫の発生	収量低下	小	↗	低	↗

※1：現在は生産量の減少程度で大、中、小、将来は現在と比べて増加が↗、変化なしが→、減少が↘

※2：現在は一定年数中の発生年の割合で高、中、低、将来は現在と比べて増加が↗、変化なしが→、減少が↘

#### ア 生育不良や収穫時期の不安定化

気候変動に伴う気候の不安定化により、飼料用トウモロコシでは、長雨による播種作業の遅延や日照不足による生育不良、気温の上昇による収穫時期の早期化による作業計画への影響などが懸念されます。

また、牧草では、暖冬にともなう牧草越冬草勢（伸びすぎ）への影響や、多雨による草地土壌の酸性化、肥料成分流亡などに起因する収量や品質の低下が懸念されます。

#### イ 作物の倒伏

気象庁の「日本の気候変動2020-大気と陸・海洋に関する観測・予測評価報告書-」によれば、4℃上昇シナリオ（RCP8.5）による21世紀末の将来気候、又は世界平均気温が4℃上昇した状態に相当する予測の下では、台風のエネルギー源である大気中の水蒸気量が増加するため、日本付近における台風の強度は増すと予測されています（確信度が中程度）。台風の影響に加え、ゲリラ豪雨が増えることで飼料作物の折損や倒伏の頻度が高まり、収穫困難となる面積の拡大により収量低下が懸念されます。

## ウ 牧草の夏枯れ

夏期の高温により、牧草生産区分の北上が予測されており、現在の寒地型牧草生産地では夏枯れ頻度の高まりにより、草地の維持管理が困難になることが予想されます。畜産草地研究所の報告（佐々木ら 2003）によれば、2003年時点で寒地型 66%、夏枯れ 10%、暖地型 24%であった区分が、100年後には寒地型 41%（現在の 0.61 倍）、夏枯れ 6%（現在の 0.62 倍）、暖地型 53%（現在の 2.21 倍）になると報告しています。

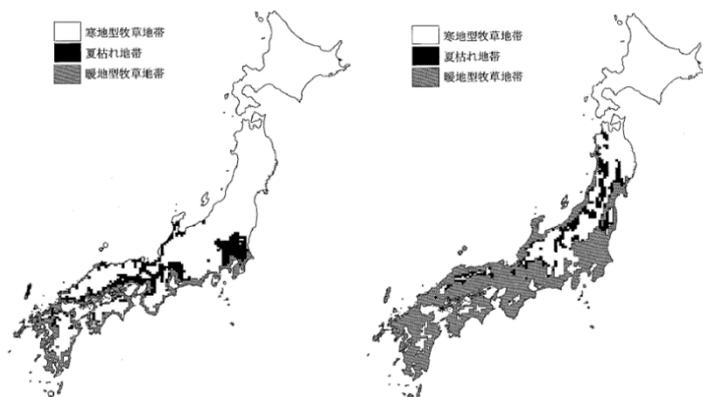


図 20 牧草生産区分の北上予想  
左 2003 年、右 2103 年

## エ 生育の前進化

温暖化による気温上昇により、飼料用トウモロコシの生育が早まることによる二期作栽培適地の拡大が予測されています。畜産草地研究所の報告（菅野ら 2018）では栽培可能地等の適地区分は 2090 年頃には九州～関東地域（栃木県も含む）の広い地域が二期作栽培可能地になることが予測されています。

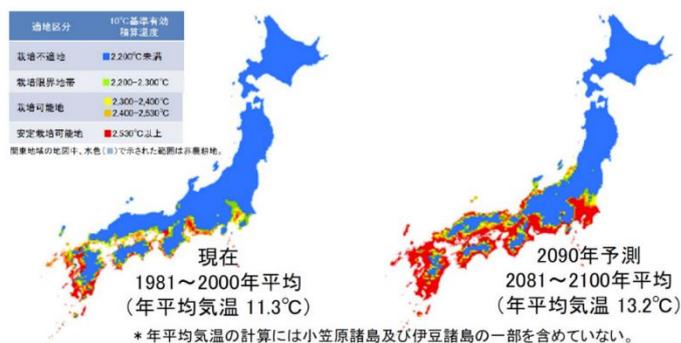


図 21 2090 年までの飼料用トウモロコシ二期  
作栽培適地の変化予測

（参考文献（図 20、図 21）：農林水産省（2019）平成 30 年度気候変動への影響への適応に向けた将来展望

<https://www.maff.go.jp/j/kanbo/kankyo/seisaku/climate/report2018/attach/pdf/report-27.pdf>

## オ 病虫害の発生

温暖化による気温の上昇は、害虫の分布域の拡大や年間世代数及び発生量の増加、発生盛日の変化をもたらす可能性があります。また、病害については、これまで報告がなかった地域で大発生が見られるなど発生地域が拡大することが想定されています。

## (2) 準備が必要な具体的な事項

### 飼料用トウモロコシ・牧草

表 10 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 リモートセンシングによる飼料畑や草地の適正管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 飼料畑の空撮によりほ場全体の生育状況が把握可能</li> <li>・ 撮影画像・位置情報・発生予察情報を組み合わせてピンポイントでの確な病害虫防除が可能</li> </ul>	イニシャルコスト及びランニングコストの増加
イ 作期分散	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 適期作業による自給飼料の品質向上</li> <li>・ 作業時期が分散することで栽培面積の拡大が可能</li> </ul>	作物を組み合わせる場合は、必要に応じて新たな機械体系が必要
ウ 高温耐性品種の利用	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 夏期高温時の夏枯れや発育停滞の改善が図られる可能性</li> </ul>	特になし
エ 飼料用トウモロコシの二期作栽培	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 気温上昇により県南部で二期作栽培ができる可能性</li> <li>・ 二期作栽培による収量の増加</li> </ul>	特になし

#### ア リモートセンシングによる飼料畑や草地の適正管理

マルチスペクトルカメラを搭載した汎用ドローンを用い、対象となる飼料畑を空撮し、ほ場全体の NDVI 値※を専用のソフトで解析し、マップ化することで生育の善し悪しの判断材料として活用できます。併せて、マップに基づく施肥設計により適切な施肥管理が可能となります。

また、ドローンの撮影画像と位置情報を利用し、発生予察情報と組み合わせることで、的確でピンポイントな病害虫防除や無人管理機の運用が可能となります。

※植生の分布や活性度を示す指標（赤色光の反射率など）。



図 22 ドローンによるリモートセンシング

## イ 作期分散

作物の種類、品種の早晩性を組み合わせることにより作期分散を図ります。気候変動による台風の上陸回数増加や夏場の高温による牧草の夏枯れなどの影響を最小限にとどめ、かつ最大収穫量を確保するため、作物の種類（飼料用トウモロコシ、ソルガム、牧草など）や品種の早晩性の組み合わせについて、全国各地で検討されています。

また、畜産農家の飼養規模拡大に伴い、飼料作物の栽培面積の拡大に十分な労働力を割くことができていないため、コントラクターの育成などが進められており、併せて、この課題に対応するためにも作期分散を進め、適期作業による自給飼料の品質向上が求められています。

温暖地で実施されている飼料用トウモロコシ、ソルガム混播 2 回刈り体系を利用した作期分散の例を以下に記載しました。安定栽培の目安となる指標は有効積算温度で 2,030°Cとされていますが、平均気温上昇や品種の組み合わせによって栃木県内（現在は県南部のみ）でも作付けが可能になると考えられています。

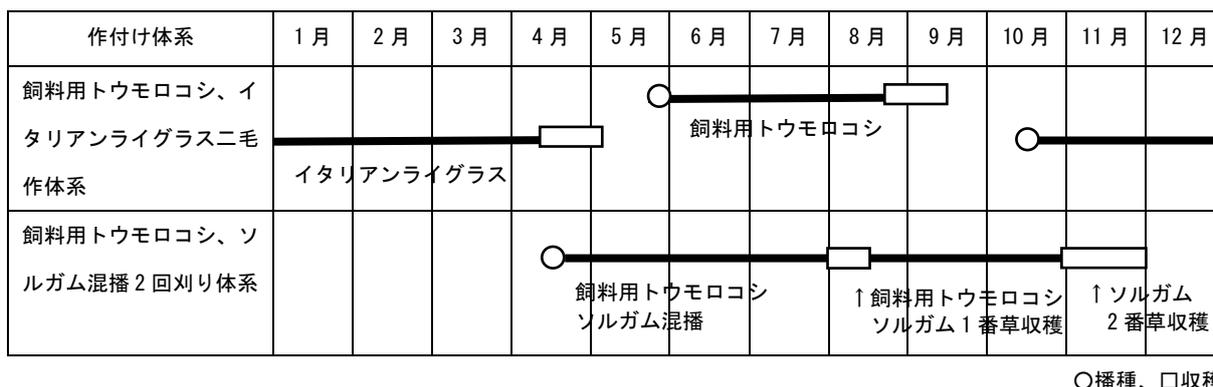


図 23 飼料用トウモロコシ、ソルガム混播体系を取り入れた作期分散の例

## ウ 高温耐性品種の利用

気候変動に起因する夏場の高温によって、特に寒地型イネ科牧草（イタリアンライグラス、オーチャードグラスなど）の夏枯れや生育の停滞が懸念されています。特に平場の採草地や公共牧場などでは十分な収量や採食量を確保するための対策として高温耐性をもった品種の導入を進めていく必要があります。



図 24 越夏性に優れる採草用牧草フェストロリウム(ライグラス系とフェスク系の雑種、農研機構)

## エ 飼料用トウモロコシの二期作栽培

温暖化に伴う気温上昇により、飼料用トウモロコシの二期作栽培の適地拡大に伴い、栃木県においても飼料用トウモロコシの二期作栽培が可能となります。下図は飼料用トウモロコシの収穫適期である黄熟期（子実が固まる直前の時期）が平均気温の上昇によってどのように変化するか試算したものです。栃木県畜産酪農研究センター（九石ら 2010）の試算によると、平均気温が 1℃上昇すると、県南部で飼料用トウモロコシの二期作が可能になるとしています。

今後、栃木県内で二期作栽培を取り入れていくためには、二期作品種に対応した品種の開発や品種の組み合わせについても検討していく必要がありますが、暫定的な二期作（一作目を早刈りする）として県内では、芳賀町で二期作に取り組んでいる農家がいる他、大田原市南部でも二期作の取り組みの模索が始まっています。

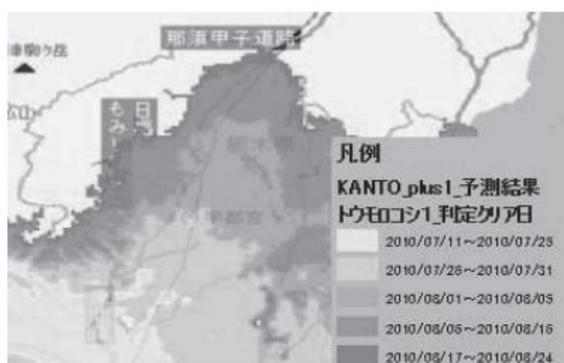


図 25 平均気温が 1℃上昇した場合の  
1作目黄熟期判定



図 26 平均気温が 1℃上昇した場合の  
2作目黄熟期判定

（参考文献：飼料作物の選定と栽培技術の確立－トウモロコシ二期作栽培技術の確立

[https://www.pref.tochigi.lg.jp/g70/press\\_etc/documents/02-p15-p23.pdf](https://www.pref.tochigi.lg.jp/g70/press_etc/documents/02-p15-p23.pdf)）