

気候変動に対応した サイレージ用トウモロコシの 二期作栽培技術 ＜関東地域版＞



農研機構畜産研究部門

2017年11月

目次

1 はじめに1
2 トウモロコシ二期作栽培とは2
3 トウモロコシ二期作を可能にする温度条件3
4 トウモロコシ二期作栽培適地の近年の拡大 状況、並びに今後の拡大予測4
5 関東地域におけるトウモロコシ二期作栽培法5
6 トウモロコシ二期作の増収効果及び経済性6
7 気候変動に伴うトウモロコシ二期作の生産力 変化予測8

本技術リポートは、主に農林水産省「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」の委託課題「トウモロコシ二期作を基幹とする暖地・温暖地の飼料作物多収作付け技術の開発」(2009～2011年度)、及び農林水産省委託プロジェクト研究「気候変動に対応した循環型食料生産等の確立のための技術開発(A-8系:農林業に係る気候変動の影響評価)」(2013～2015年度)により行われた研究の成果を基にとりまとめたものです。複製、転載などの利用に当たっては事前に農研機構畜産研究部門の許可を得て下さい。

1 はじめに

2013年に公表された気候変動に関する政府間パネル(IPCC)第5次報告書では、「気候システムの温暖化には疑う余地がない」とし、気温、海水温、海面水位の上昇や氷雪の減少等の観測結果より、世界的に温暖化が進行していることが再認識されたとしています。また、その要因として、二酸化炭素の排出量の増加等による人間の影響による可能性が極めて高いとしています。こうした気候変動の影響は我が国においても次第に顕著となっており、年平均気温の上昇(図1)や夏期における猛暑日の増加等が起こっています。

一般にこうした気候の温暖化は作物の生産性を低下させると予想されていますが、熱帯性の作物を温暖地等の栽培限界地帯で利用する場合には、温暖化は作物の生産性を向上させ、栽培適地を拡大する効果をもたらします。このように、温暖化によって生産性の向上と栽培適地の拡大が期待できる飼料作物の作付体系として、飼料用トウモロコシ(ホールクロップサイレージ用)の二期作栽培があげられます。そこで、本技術リポートでは、関東地域を対象とし、気候変動対応技術としてのトウモロコシ二期作栽培の技術的ポイントと今後の栽培適地及び生産力の変化予測について解説します。

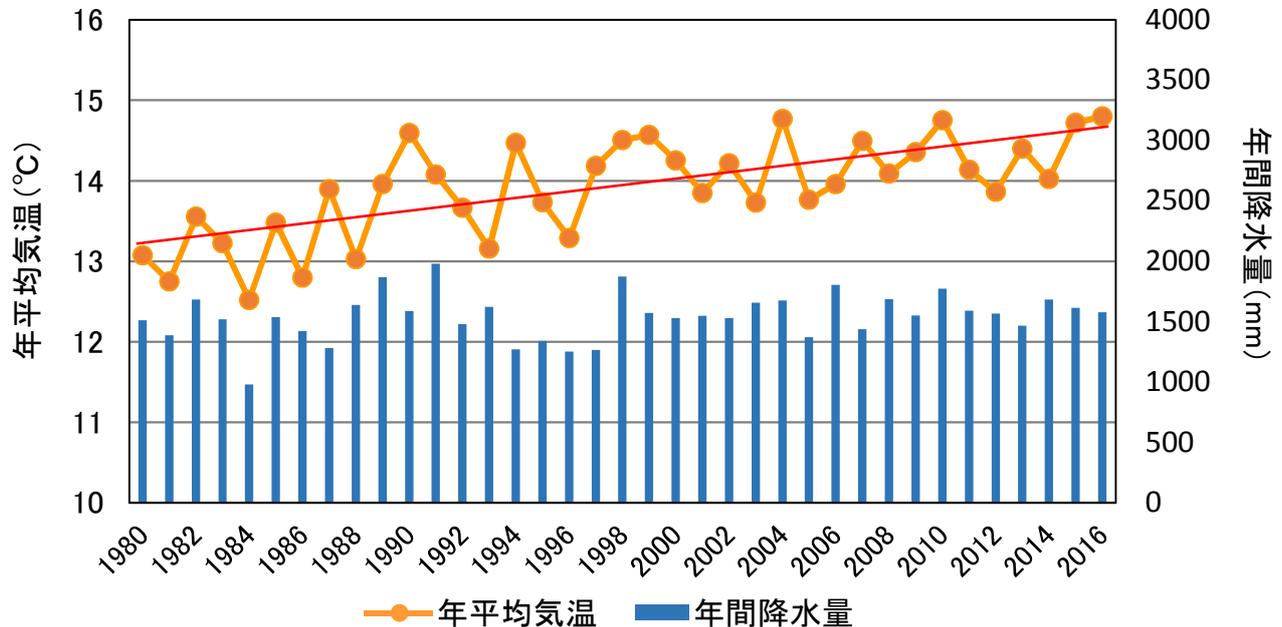


図1. 関東地域における1980年代以降の年平均気温及び年間降水量の推移

1980～2016年に気温及び降水量が計測されているアメダス観測地点78地点のデータを用いた。年間に10日以上欠測があるデータを削除して計算。

2 トウモロコシ二期作栽培とは

飼料用トウモロコシは乾物収量と可消化養分総量(TDN)がともに高く、我が国で栽培される飼料作物の中で1日当たりのTDN生産量が最も高い作物です(図2)。このため、温暖化する気象条件を活用し、飼料用トウモロコシを増産することで飼料費の節減が可能となります。

現在、我が国では耐冷性品種を活用することで、飼料用トウモロコシを北海道まで栽培することが可能になっていますが、1年に2回の作付けを行う二期作栽培は、主に九州・四国・瀬戸内地域等の暖地で取り組まれてきました(図3)。しかし、近年、温暖化を背景として関東地域の内陸部においても二期作栽培が開始されるようになってきています。

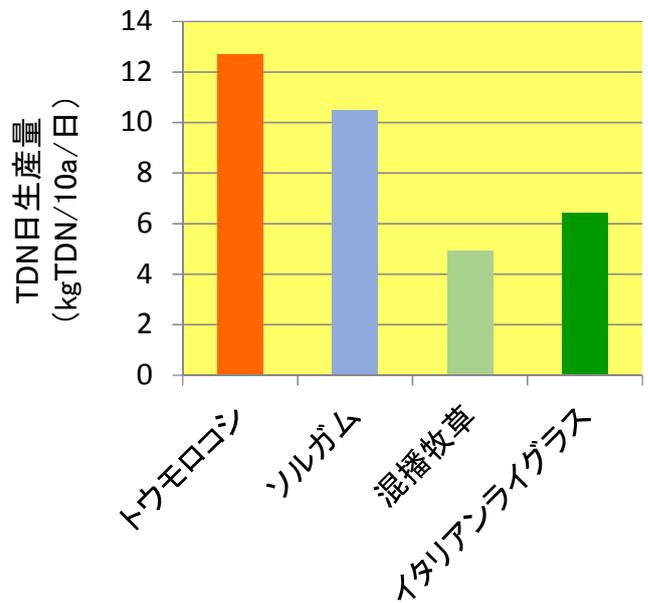


図2. 草種別の1日当たりのTDN日生産量の期待値
(伊藤ら(1989)『粗飼料・草地ハンドブック』をもとに作図。)

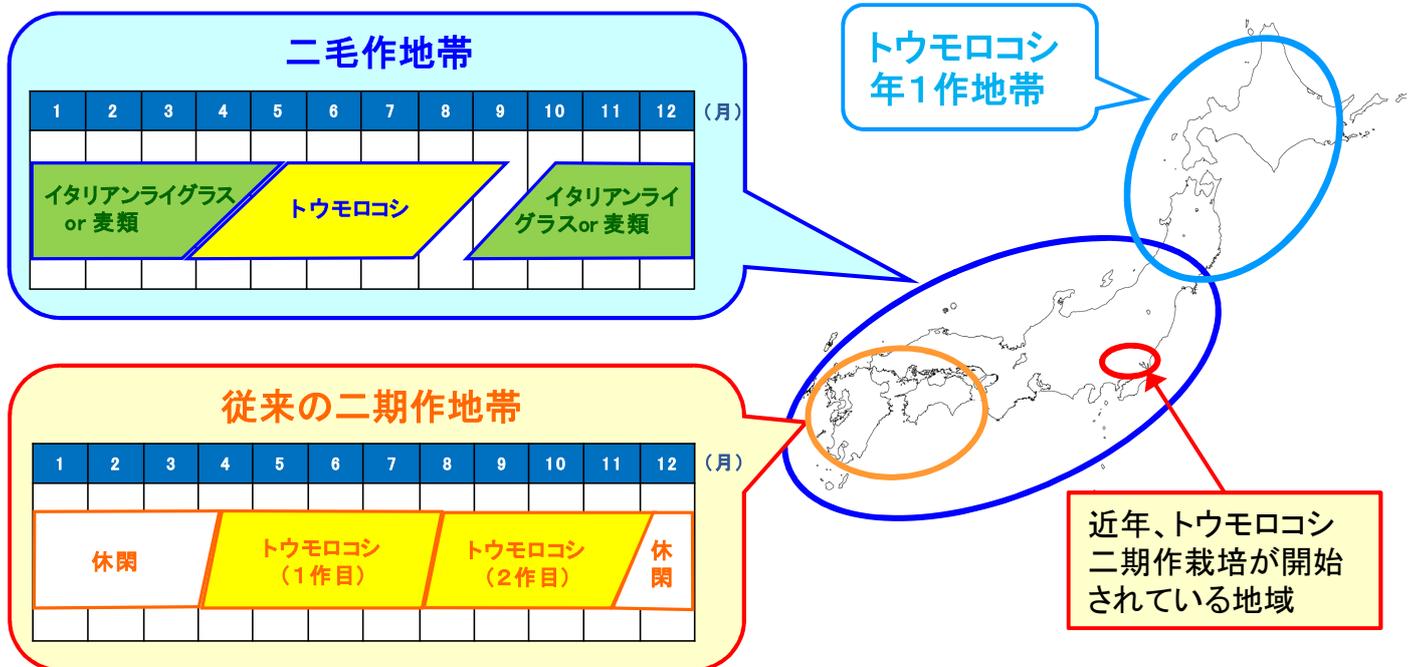


図3. 我が国における飼料用トウモロコシを用いた主な作付体系

3 トウモロコシ二期作を可能にする温度条件

これまで、飼料用トウモロコシの二期作栽培には、10℃基準有効積算温度*で2,400℃が必要とされてきました。しかし、現在の二期作栽培北限の栃木県における試験(図4)により、1作目に極早生品種を用いることで、同積算温度2,300℃以上であれば、1作目・2作目ともに乾物率25%以上となることが明らかになりました。また、1作目・2作目ともに乾物率を30%以上とするためには同積算温度2,530℃以上の条件が必要であることが明らかとなりました。

* 10℃基準有効積算温度：日平均気温から10℃を引いた値を1日の積算温度とし、計算対象とする期間の積算温度を合計した値

トウモロコシ二期作の適地判定指標

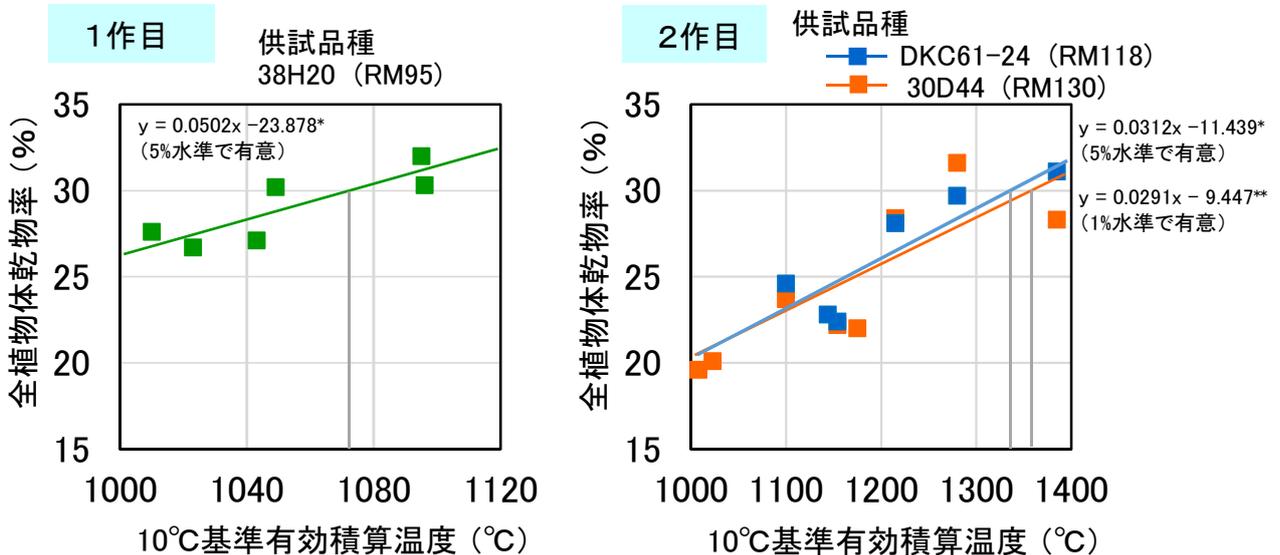


図4. トウモロコシ二期作の1作目及び2作目の10℃基準有効積算温度と全植物体乾物率の関係

試験は2009年から2011年の栃木県栃木市、小山市、那須塩原市において行い、全植物体乾物率が30%以上となった品種のデータを示した。

トウモロコシの適期収穫(黄熟期収穫)に必要な10℃基準有効積算温度

サイレージ調製に適する乾物率の下限(全植物体乾物率25%)を想定する場合
1作目 1,000℃ + 2作目 1,200℃ = 2,200℃

良質なサイレージを調製できる乾物率(全植物体乾物率30%)を想定する場合
1作目 1,070℃ + 2作目 1,360℃ = 2,430℃

1作目と2作目の間隔を7日、有効積算温度を100℃と仮定し加算。

10℃基準有効積算温度2,300℃及び2,530℃を新たな適地判定指標として採用

4 トウモロコシ二期作栽培適地の近年の拡大状況、並びに今後の拡大予測

1980年代以降の関東地域における10℃基準有効積算温度の変化をみると、近年の温暖化により二期作が可能となる有効積算温度2,300℃以上の栽培適地が増加しています(図5)。また、今後の変化予測においても、二期作の栽培適地が拡大し、今世紀の末頃には関東地域の低標高地のほとんどが二期作栽培適地となることが予測されます(図6)。

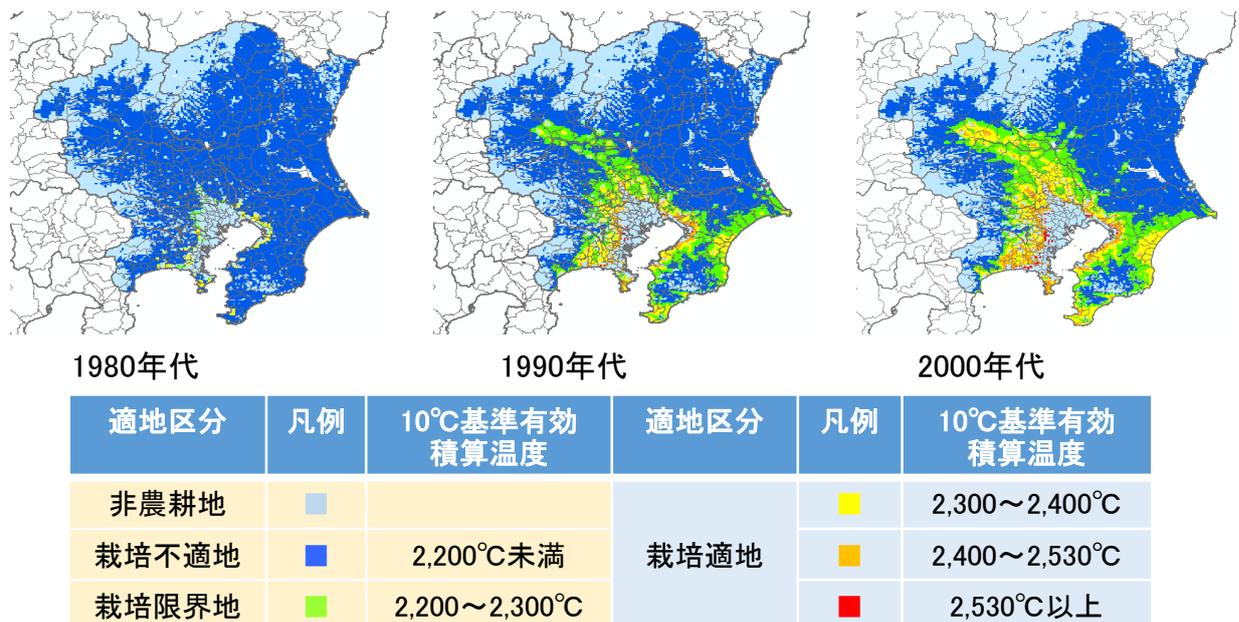


図5. 1980年代から2000年代にかけてのトウモロコシ二期作栽培適地の変化
農研機構農業環境変動研究センターが公表する農業環境情報データベースを基に4月～12月の10℃基準有効積算温度を3次メッシュごとに計算。

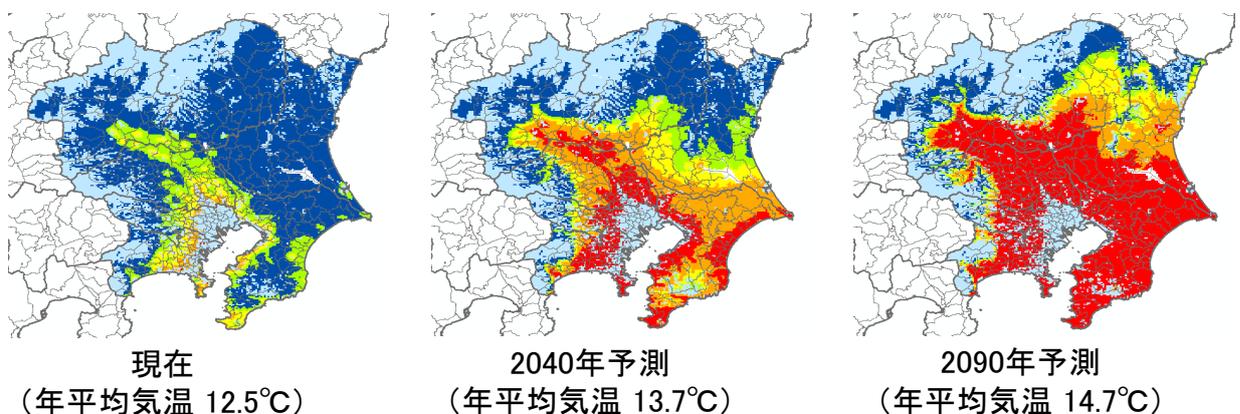


図6. 現在から2040年及び2090年までのトウモロコシ二期作栽培適地の
変化予測

凡例は図5に同じ。現在の結果はメッシュ気候値2010に基づく計算値(1981～2010年の30年平均値)。2040年及び2090年の予測値は気候モデルMRI-CGCM3、排出シナリオRCP4.5の組み合わせによるそれぞれ2031～2050年及び2081～2100年の20年間の予測値の平均。

5 関東地域におけるトウモロコシ二期作栽培法

関東地域におけるトウモロコシ二期作の栽培法としては、4月上旬～7月下旬に1作目として極早生～早生品種を栽培した後に、2作目として8月上旬～11月及び12月までに中生～晩生品種を栽培する方法が基本となります(表1)。1作目及び2作目の栽培については、各地域の栽培基準に従います。2作目の有効積算温度を確保するために、1作目の収穫後、できるだけ早く、2作目を播種することが重要となります。

表1. 関東地域におけるトウモロコシ二期作に適した品種とその栽培条件

地域	1作目	2作目
関東中部 (栃木県南部等)	極早生品種 (相対熟度(RM)95～100)を4月上旬～7月下旬に栽培します。 10℃基準有効積算温度1,000℃で乾物率25%、1,070℃で乾物率30%が期待できます。	RM120前後の中生品種～RM130前後の晩生品種を8月上旬～11月中旬に栽培します。 10℃基準有効積算温度1,200℃で乾物率25%、1,360℃で乾物率30%が期待できます。
関東南部 (神奈川県等)	極早生～早生品種 (RM100～110)を4月上旬～7月下旬に栽培します。	RM120前後の中生品種～RM130前後の晩生品種を8月上旬～11月下旬・12月上旬に栽培します。 10℃基準有効積算温度1,200℃で乾物率28%が期待できます。

留意点

- 1作目の収穫後に2作目を迅速に播種する方法として、不耕起播種機を用いる方法が有効です(写真1)。2作目を不耕起播種する場合には、1作目の播種前に年間施用予定の堆肥全量を施用しておくこと、2作目の化学肥料の使用量を削減できます。ただし、堆肥の施用量は堆肥の成分や圃場の土壌診断値等を参考に、過剰施用とにならないよう注意します。
- 冷涼年には、2作目が登熟不良となり、黄熟期に到達しない場合があります。このような場合、2作目のトウモロコシは高水分となるため、サイレージ調製に当たっては、収穫前に霜に当てるなどの水分調整が必要となります。また、登熟不良の場合、TDN、デンプン価も低下するため、家畜への給与についても注意が必要です。
- 2作目のトウモロコシでは、すす紋病、根腐れ病等が発生する場合がありますため、耐病性の高い品種を選択します。



写真1. 不耕起播種機を活用した1作目収穫圃場における2作目の迅速な播種

(試験地: 神奈川県畜産技術センター)

6 トウモロコシ二期作の増収効果及び経済性

関東南部（神奈川県海老名市）及び関東中部（栃木県栃木市）での試験により、トウモロコシ二期作を行うことで、慣行二毛作（トウモロコシ－イタリアンライグラス二毛作）に比較し、10a当たり年間合計の乾物収量が10～24%、TDN収量が15～30%向上することが示されています（図7）。また、二期作ではイタリアンライグラス用の機械装備が不要のため、減価償却費が低く抑えられ、関東中部の事例では、二期作のTDN1kg当たりの生産費は慣行二毛作に比較して9%低いという結果が得られています（図8）。

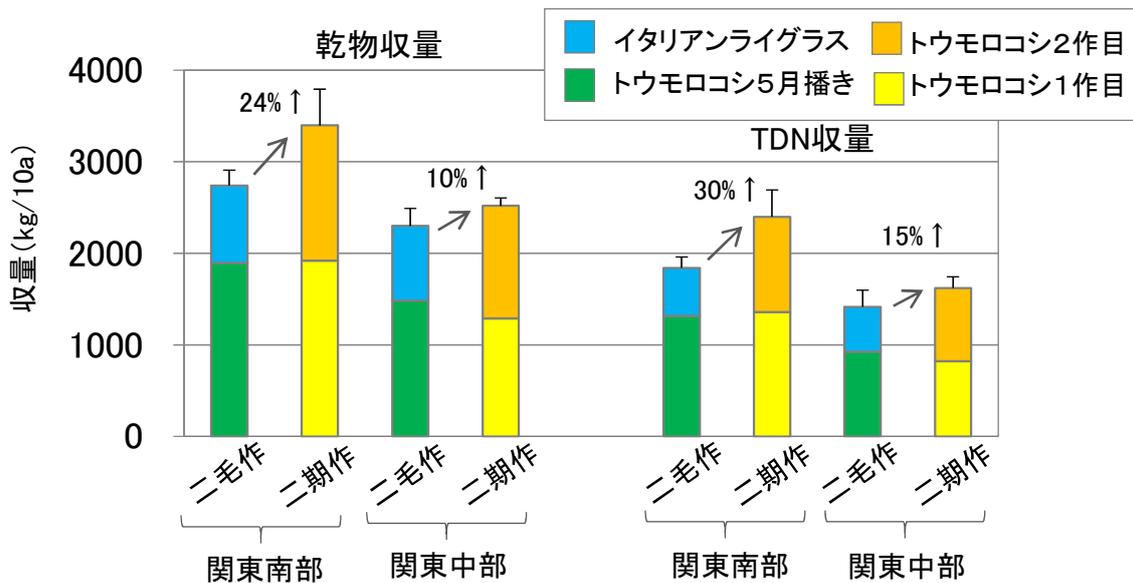


図7. 関東南部及び中部における慣行二毛作とトウモロコシ二期作の乾物収量及びTDN収量の比較

関東南部、中部とも3か年の試験の平均。関東中部は営農圃場での試験のため、関東南部よりも乾物収量及びTDN収量が低い。

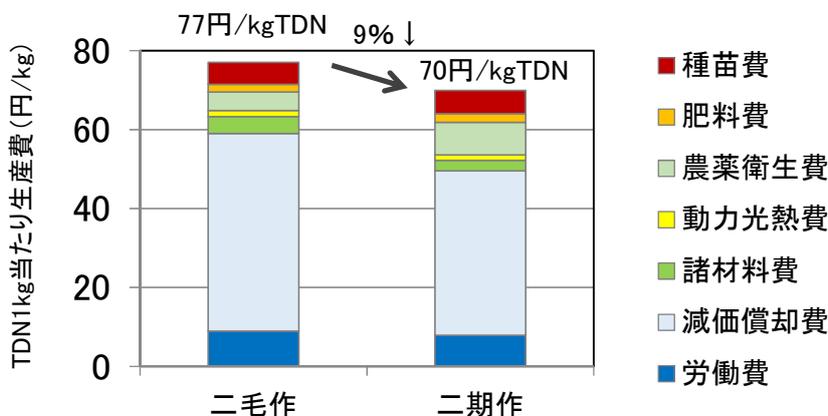


図8. 現地試験を行ったW牧場（栃木県栃木市、作付面積5ha）において慣行二毛作のみ、及び二期作のみを行う場合を想定したTDN1kg当たりの生産費の試算

トウモロコシサイレージの貯蔵は地下型サイロは40m³×5基で、収容できない場合は40m³の単位でスタックサイロとして貯蔵すると仮定。

また、比較方法が異なりますが、関東南部において乳牛用に細断型ロールベアラでサイレージ調製した事例では、トウモロコシ二期作の生産費は二毛作に比較して2%ほど高いものの(図9)、高栄養のトウモロコシの生産量が増えることで濃厚飼料の給与量を減らすことができ、1日1頭当たりの飼料費が3%低減するという結果が示されています(表2)。また、二期作では、嗜好性の高いトウモロコシサイレージを、年間を通して多給できることもメリットの一つとなります。

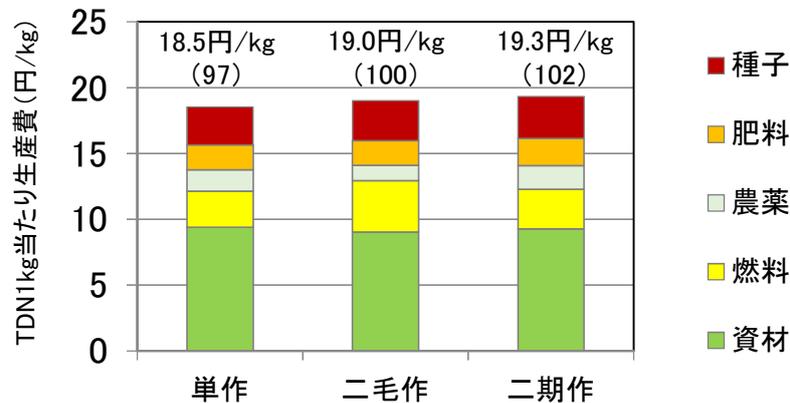


図9. トウモロコシの収穫を細断型ロールベアラで行う場合のトウモロコシ単作、トウモロコシーイタリアンライグラス二毛作及びトウモロコシ二期作のTDN 1kg当たりの生産費の比較

表2. トウモロコシ単作、二毛作及びトウモロコシ二期作で得られた飼料を用いた体重600kg、日産乳量30kgの乳牛の飼料給与設計、並びに1日1頭当たりの飼料費

	単価 (円/kg)	給与量(kg)			
		単作	二毛作 ²⁾		二期作
			イタリアンあり (5.3ヶ月/12ヶ月)	イタリアンなし (6.7ヶ月/12ヶ月)	
トウモロコシサイレージ ¹⁾		10	10	10	17
イタリアンライグラスサイレージ ²⁾	6.3	-	6	-	-
配合飼料(18-74)	60.0	11	11	11	10
チモシー乾草	49.0	3	3	3	2
スーダングラス乾草	41.0	3	-	3	3
アルファルファ乾草	46.0	4	4	4	4
ビートパルプ	45.0	2	2	2	2
粗濃比		50:50	50:50	50:50	54:46
乾物給与量		22.6	22.7	22.6	22.7
CP充足率		117	122	117	115
TDN充足率		107	108	107	107
飼料費	円/頭・日	1,242 (103)	1,157 1,242 1,204 (年間平均) (100)		1,163 (97)

1) トウモロコシサイレージの単価は、単作及び二毛作は3.8円/kg、二期作は4.0円/kg。

2) イタリアン(イタリアンライグラスサイレージ)の給与可能期間は5.3ヶ月で、残りの6.7ヶ月はイタリアンを給与しない。

7 気候変動に伴うトウモロコシ二期作の生産力変化予測

飼料用トウモロコシの乾物収量予測手法としてニューラルネットワークモデル(図11)を活用し、今後のトウモロコシ二期作の年間合計乾物収量の変化予測を行ったところ、年間合計乾物収量は温暖化に伴い増加することが予測され(図13)、収量予測の面からも、トウモロコシ二期作は今後の温暖化する気象条件を活用できる栽培技術であることが明らかになりました。

ニューラルネットワークモデルの作成

飼料用トウモロコシ3品種について温暖地(栃木県那須塩原市)及び暖地(熊本県合志市)において作期移動試験を実施し、気象条件と乾物生産速度に関するデータを収集(図10)。

入力層の要素(説明変数)を品種、播種日から収穫日までの生育日数、生育期間の日平均気温の3変数とし、中間層のセル数を7、目的変数(出力層の値)を日平均乾物生産速度(CGR)とするニューラルネットワークモデルを作成(図11)。

説明変数とする3要素により、日平均乾物生産速度を高い推定精度で予測(図12)。

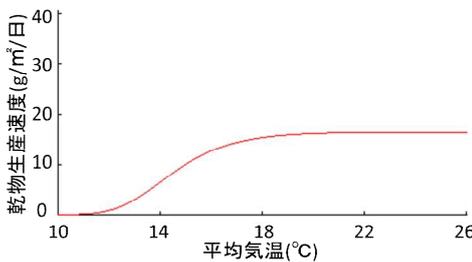


図10. 品種「なつむすめ」、生育期間120日の場合の平均気温と乾物生産速度の関係

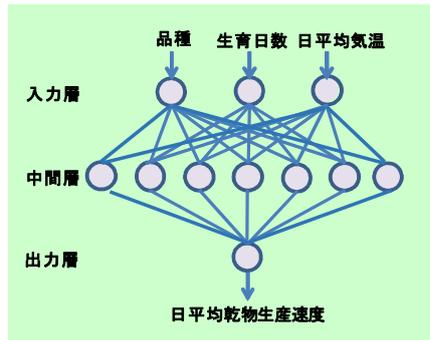


図11. ニューラルネットワークによる収量予測モデル(模式図)

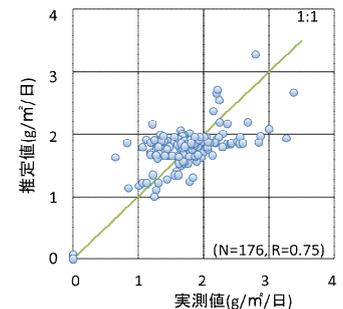
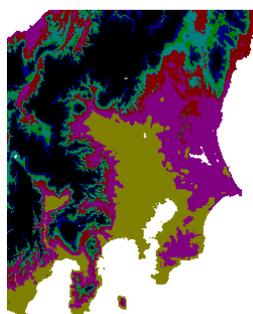


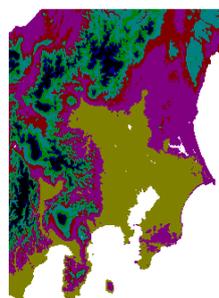
図12. トウモロコシの乾物生産速度の実測値とニューラルネットワークモデルによる推定値

トウモロコシ二期作の年間合計乾物収量の変化予測

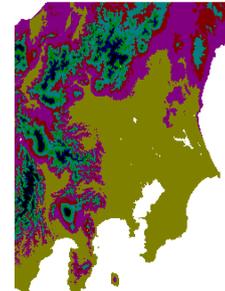
年間合計乾物収量 (kg/10a)



現在



2040年予測
(2031~2050年平均)



2090年予測
(2081~2100年平均)

図13. 関東地域におけるトウモロコシ二期作の年間合計乾物収量の変化予測

気候モデルをMRI-CGCM3、排出シナリオをRCP4.5とし、1作目を品種「KD500」、2作目を品種「なつむすめ」とする3次メッシュ予測データを用いた。

農研機構畜産研究部門技術レポート18号
気候変動に対応したサイレージ用トウモロコシの二期作
栽培技術 <関東地域版>

発行日:平成29年11月15日

編集:菅野勉、佐々木寛幸、折原健太郎

執筆:折原健太郎、九石寛之、増山秀人、島田研、西村和志、黒川俊二、
加藤直樹、西森基貴、佐々木寛幸、森田聡一郎、赤松佑紀、
佐藤節郎、菅野勉

協力機関:神奈川県畜産技術センター、栃木県畜産酪農研究センター、
栃木県下都賀農業振興事務所、農研機構中央農業研究センター、
農研機構九州沖縄農業研究センター、農研機構農業環境変動
研究センター

問い合わせ先:国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
畜産研究部門 畜産飼料作研究拠点 飼料作物研究領域
TEL:0287-36-0111(代表)
〒329-2793 栃木県那須塩原市千本松768

印刷:株式会社 近代工房
〒324-0036 栃木県大田原市下石上1603

