

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＞



高栄養飼料生産コンソーシアム

高栄養飼料生産コンソーシアム

参画機関：(国研)農研機構畜産研究部門(代表機関)ほか24機関

うち小課題3(安定多収トウモロコシ品種の育成・選定と省力・低コスト栽培技術の開発)参画機関

(国研)農研機構(畜産研究部門、東北農業研究センター、中央農業研究センター、西日本農業研究センター、九州沖縄農業研究センター)

(地独)北海道立総合研究機構(酪農試験場、畜産試験場)

岩手県(岩手県農業研究センター畜産研究所)

宮城県畜産試験場

栃木県畜産酪農研究センター

神奈川県(神奈川県畜産技術センター)

静岡県畜産技術研究所

徳島県(徳島県立農林水産総合技術支援センター)

大分県農林水産研究指導センター

熊本県(熊本県農業研究センター畜産研究所)

宮崎県畜産試験場

表紙写真

左上:模擬水田圃場における耐湿性トウモロコシ品種育成

右上:自動操舵によるトウモロコシ不耕起播種

左下:縦軸型ハローによるトウモロコシ収穫後の簡易耕起

右下:完熟期のトウモロコシ雌穂

目次

1 はじめに	.....	1
2 トウモロコシとはー作物の特性と上手な品種選びー		
飼料作物としてのトウモロコシの特性	.....	2
上手な品種選び	.....	2
農研機構における耐湿性飼料用トウモロコシ品種育成の試み	.....	3
3 飼料用トウモロコシを基幹とした低コスト・周年省力栽培技術		
府県における周年省力栽培技術		
(1)地域条件に応じた周年省力栽培の事例解説(飼料二毛作)	.....	4
(2)地域条件に応じた周年省力栽培の事例解説(トウモロコシ二期作)	.....	4
(3)地域条件に応じた周年省力栽培の事例解説(寒冷地・浅作土条件二毛作)	.....	5
(4)地域条件に応じた周年省力栽培の事例解説(暖地型2年5作体系)	.....	6
北海道における飼料用麦類を用いた単収向上技術		
道東地域におけるライ麦栽培技術の取り組み	.....	7
4 不耕起・簡易耕栽培に適した施肥管理技術		
飼料用トウモロコシ栽培の省力化と省資源化	.....	8
寒冷地における飼料用トウモロコシ不耕起栽培の窒素施肥管理	.....	10
寒冷地における飼料用トウモロコシ不耕起栽培の家畜ふん堆肥利用	.....	11
温暖地の飼料作物二毛作体系における飼料用トウモロコシの簡易耕栽培等に適した窒素施肥管理技術	.....	12
暖地の飼料用トウモロコシ二期作体系における不耕起栽培に適した施肥管理技術	.....	13
5 湿害対策技術		
水田転換畑における主な湿害対策	.....	14
耕うん同時畝立て播種	.....	14
6 子実用トウモロコシの生産・利用技術		
子実用トウモロコシとは？	.....	16
子実用トウモロコシの生産・利用技術	.....	16
品種選定のポイント	.....	17

1 はじめに

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、単位面積当たりのエネルギー生産性にも優れた作物です。このため、飼料用トウモロコシの増産により飼料費の節減が可能となります。最近では従来のホールクロップサイレージ利用のみならず子実利用を目的とした栽培についても関心が高まりつつあります。

これまでに「飼料用とうもろこしの作付け拡大に向けた新しい栽培技術<2014年度版>」として、飼料用トウモロコシ栽培省力化のための省力的播種技術、湿害対策技術である耕うん同時畝立て播種技術、飼料用トウモロコシ新品種や安定栽培マップを利用した寒地における安定栽培技術、飼料用トウモロコシの赤かび病抵抗性検定手法の開発、土壌養分活用型のカリ肥培管理技術についてまとめ普及に努めてきました。

さらなる栄養収量の向上と省力・低コスト化による飼料増産および畜産経営の安定を目指し、2015年度から2019年度にかけて、農林水産省委託プロジェクト研究『収益力向上のための研究開発』(自給飼料分科会)「栄養収量の高い国産飼料の低コスト生産・利用技術の開発」として耐湿性等を付与した新品種育成、飼料用トウモロコシを基幹とした周年省力栽培技術、省力播種栽培に適した施肥管理技術、子実用トウモロコシ生産技術等の開発に取り組みました。

そこで、本パンフレットでは同プロジェクト研究で得られた成果を中心に飼料用トウモロコシのさらなる作付け拡大に向けた新技術を紹介します。



2 トウモロコシとは — 作物の特性と上手な品種選び —

飼料作物としてのトウモロコシの特性

トウモロコシを、牧草を主とする他の飼料作物と比較した場合に際立つ特徴として、多収性(特にTDN収量の高さ)、高栄養価、そして品種の面からみた場合は、その改廃の速さが挙げられます。筆者らが実施する栃木県那須塩原市でのホールクロップサイレージ用トウモロコシ生産量検定試験における2019年の乾雌穂重は700~1,000kg/10aで、単純な比較はできないものの、これは作物統計での同県の水稲の収量(2018年版の平年値で529kg/10a)の1.4~1.9倍に相当します。また、ある国内種苗会社の飼料用トウモロコシ品種の1988~2018年のカタログを大まかに調べたところ、掲載された(北関東向けの)相対熟度(RM)110~127日のクラスの43品種の平均掲載期間は約8年でした。

上手な品種選び

今日いくつかの種苗会社が酪農家・畜産農家向けに多くの品種を揃えています。適品種選定の際には以下の点を考慮する必要があります。

熟期(収穫までに掛かる日数):

晩生の品種は早生に比べ収量が多い傾向がありますが、収穫適期までの日数が掛かるため、台風による被害や、冷夏の年では登熟が十分に進まず、また、収穫前に霜に当たって減収するリスクが高まりますので、栽培地域に適した熟期のものを選ぶ必要があります。なお、飼料用トウモロコシでは各種苗会社が「RM」という指標を用いて熟期を示していますが、これらは大まかな参考値とお考えください。播種時期、栽培期間中の気象の推移などにより、品種の実際の熟期とカタログに示されたRMとの逆転がしばしば起こります。

病気に対する抵抗性:

低コストでの栽培が必要な飼料作物では植物に発生する病気を防ぐための農薬使用は一般的でなく、したがって病気に強い品種を選ぶことが最も重要な対策です。主な病気として、冷涼な地域に多い「すす紋病」や温暖な地域に多い「ごま葉枯病」がありますが、残念ながら今日の普及品種の一部にはこれらの病気に弱く、安定的な栽培の障害となり得るものもあるため注意が必要です。この他西日本では「南方さび病」が、北~東日本では「根腐病」が、さらに九州での夏播きでは「ワラビー萎縮症」などが発生します。いずれもそれぞれの病気に強い抵抗性品種の使用で被害を大きく減らせるので、各圃場で発生しやすい病気に強い品種を選んでください。抵抗性の強弱は栽培前には不明な場合もありますが、生育の様子をよく観察し、病気が多い品種はすぐに切り替えることをお勧めします。

除草剤に対する耐性:

除草剤は、植物の病気を防ぐ殺菌剤に比べると飼料用トウモロコシ栽培でも広く用いられており、最近では選択性の高い、つまりトウモロコシには無害で雑草に大きな効果を持つ商品も販売されています。しかし、除草剤の種類と品種の組合せによってはトウモロコシも枯れてしまうなど薬害が現れる場合があります。事前の確認が必要です。多くの種苗会社のカタログには、当該品種の説明欄に「(除草剤名)の使用はお避けください」などと示されています。

農業改良普及センター等の活用:

多くの都道府県には複数年の圃場での試験の結果を基に、各地域に適したものを優良品種として認定する制度があります。品種選定の際はこの様な公的機関の情報の活用をお勧めします。また上述の様にトウモロコシは品種の改廃が速く、主要な普及品種でも販売が予告なく終了することもあります。現在お使いの品種に問題がなくても、数年に一度は最新の情報を得る様にしてください。

農研機構における耐湿性飼料用トウモロコシ品種育成の試み

農研機構畜産研究部門では、水田転換畑や起伏に富んだ中山間地などでの飼料用トウモロコシの栽培で問題となる湿害を軽減できる、耐湿性品種の育成に取り組んでいます。耐湿性遺伝子は中米に自生する「テオシント」というトウモロコシの近縁種に由来するもので、これまでに同遺伝子を交配により導入した新品種「那交907号」が育成されました。現在さらなる有望F₁品種候補の圃場試験が実施されています(図1~2)。



図1. 模擬水田圃場を用いた耐湿性トウモロコシ品種育成

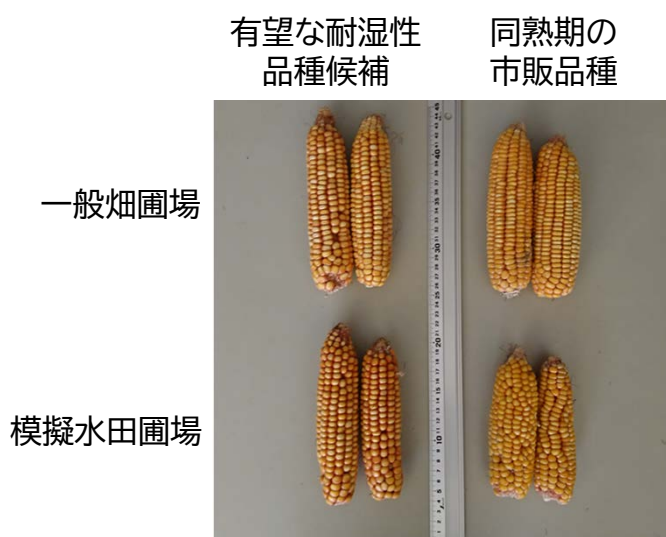


図2. 耐湿性を持つ有望F₁品種候補と同熟期の市販品種の雌穂

この耐湿性検定では、一般畑圃場と模擬水田圃場とに同一の品種・系統を同日(5月下旬)に播種し、播種の約1か月後、およそ梅雨末期の豪雨が予想される6月下旬から、模擬水田圃場のみ10~14日間湛水処理を行います。その後は模擬水田圃場も一般畑と同様の状態とし、(1)湛水処理期間中の草丈や地上部重量などの生長量、(2)絹糸抽出期などの生育の遅れの程度、(3)収量などを両圃場で調査・比較し、各品種・系統の耐湿性を判定しています。

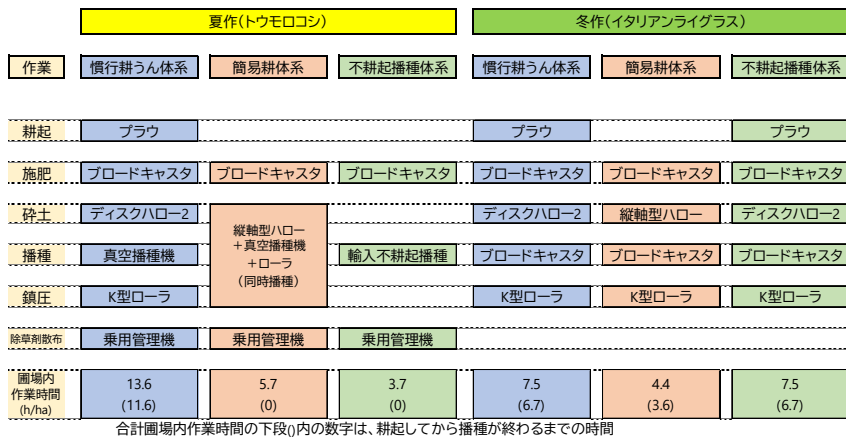
トウモロコシ新品種「那交907号」の詳細については、以下のURLをご参照ください。
近縁野生種由来の耐湿性を持つトウモロコシ新品種「那交907号」:
https://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/nilgs/2015/nilgs15_s01.html

3 飼料用トウモロコシを基幹とした 低コスト・周年省力栽培技術

府県における周年省力栽培技術

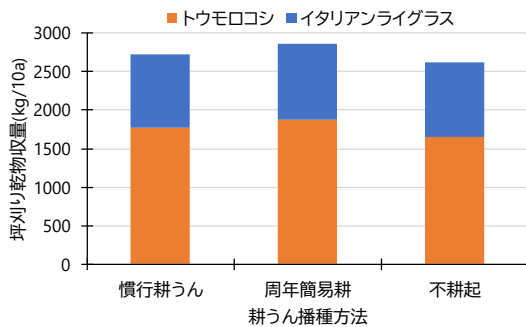
(1) 地域条件に応じた周年省力栽培の事例解説(飼料二毛作)

作業時間短縮を目的としたプラウ耕を行わない省力栽培技術には、縦軸型ハローを利用した簡易耕でのトウモロコシ-イタリアンライグラス体系と不耕起播種機を利用した体系があります。



各体系は、図3のように構築でき、二毛作の播種に関する作業時間は、慣行に比べて簡易耕体系は48%、不耕起体系は53%に短縮することができます。

図3. 夏作と冬作の作業手順と使用機械



同一圃場での二毛作実規模試験(那須塩原市)での収量は、慣行と簡易耕は同等で4年間連作した試験でも各年で同等の収量を得られました(図4)。不耕起は、イタリアンライグラスは播種時のプラウ耕を行うので収量は同等でしたが、トウモロコシは減収する傾向があります。

図4. 慣行耕うん区と簡易耕区と不耕起区における飼料用トウモロコシとイタリアンライグラスの乾物収量の比較

(2) 地域条件に応じた周年省力栽培の事例解説(トウモロコシ二期作)

関東南部における慣行のトウモロコシ二期作において、1作目に利用する品種を慣行の極早生~早生品種(RM100~110)から登熟の早い極早生品種(RM100)に置き換えて利用することにより、1作目の収穫期が早まり、2作目の播種を早めた安定した栽培ができます(図5)。

また、1作目に利用する品種を慣行の極早生~早生品種(RM100~110)から多収早生品種(RM115~118)に置き換えて利用することにより、1作目の収量を確保して、多収な栽培が可能になります(図5)。この場合、2作目には乾物率の高い中生~晩生品種(RM125~135)を利用します。

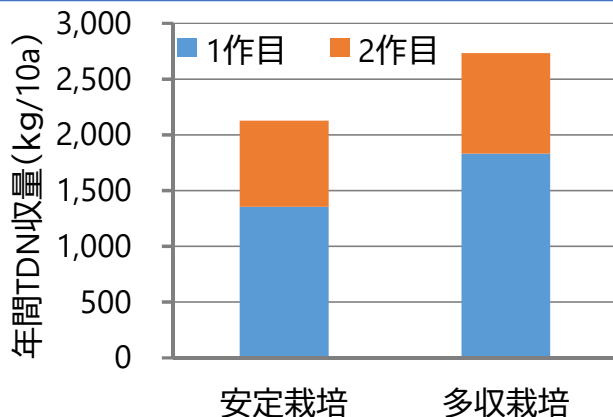


図5. 飼料用トウモロコシの栽培方法ごとのTDN収量(神奈川県海老名市) 生産圃場(面積65a、45a)で栽培した2018-2019年の収量調査成績の平均値。品種は、安定栽培ではパイオニア100日(P9400、RM100)とパイオニア125日(P2307、RM125)、多収栽培ではパイオニア118日(P2088、RM118)とパイオニア135日(30D44、RM135)を組み合わせました。1作目は耕起、2作目は不耕起で播種した。

(3) 地域条件に応じた周年省力栽培の事例解説(寒冷地・浅作土条件二毛作)

富士山西麓は、圃場の作土が浅く礫が多いこと、傾斜地で土壌流亡が発生しやすいこと、トウモロコシの播種前後の作業が牧草の一番草収穫と重なることなどから、これまで、トウモロコシ等の長大型作物の栽培がごく限られていました。しかし、不耕起対応高速播種機を活用することにより、こうした地域においても、不耕起トウモロコシー飼料ムギの二毛作体系が、安定かつ省力的に行えるようになります。

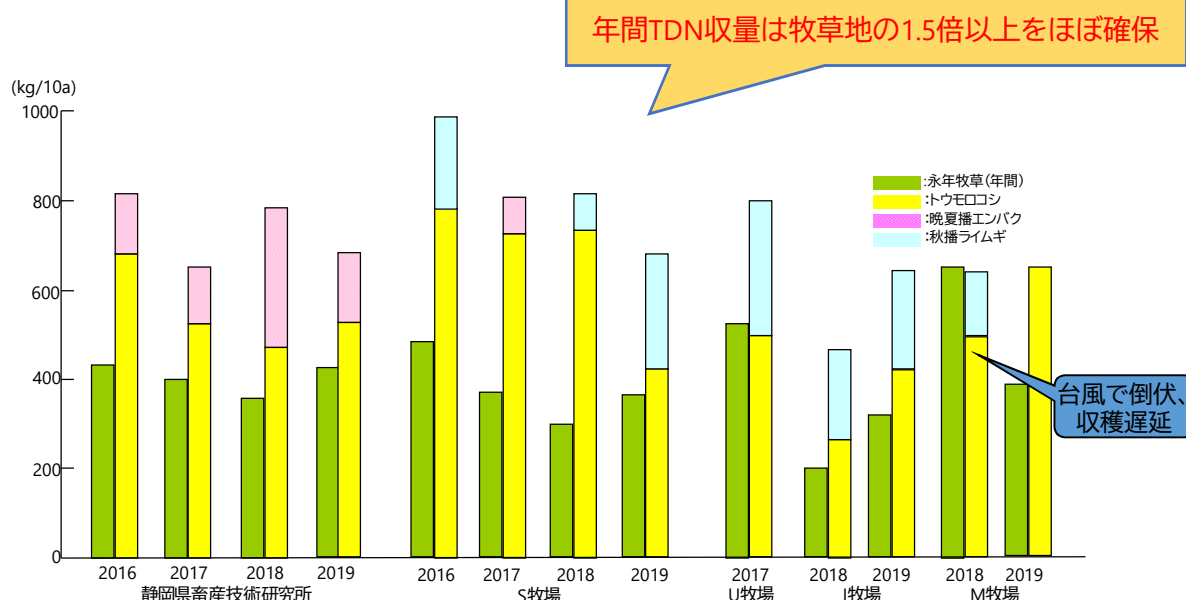


図6. 牧草地とトウモロコシー飼料ムギ二毛作体系のTDN収量の比較

～牧草収穫跡地での不耕起播種時の自動操舵の活用～

牧草収穫後の圃場では、播種機のマーカーが使用できず、作業跡も見にくいため、「まっすぐ」「等間隔」に播種を行うことが困難でした。しかし、RTK-GNSSとトラクタ自動操舵装置を活用することにより、設定経路からの誤差が±3cm程度と、高精度の播種が可能になりました。



自動操舵装置



自動操舵装置を活用した不耕起播種



まっすぐ植えられたトウモロコシ畑

～RTK-GNSS(Real Time Kinematic-Global Navigation Satellite System)とは～

GNSS(汎地球測位航法衛星システム、代表的なものがGPS)による位置の計測方法のなかで、「リアルタイムに」「動いている状態でも」「非常に小さい誤差で」計測できる方法です。通常カーナビなどで使われる測位方法(ディファレンシャル測位、誤差1m程度)とは、測定位置の誤差の修正方法が異なり、精密な位置計測が可能です。誤差が数cm程度と非常に小さいため、農業機械の自動操舵や自動運転に用いられます。トラクタなどに設置するアンテナに加え、正確な位置が分かっている基準点から配信される補正情報が必要なので、導入・運用コストが、現状ではやや高価です。

(4) 地域条件に応じた周年省力栽培の事例解説(暖地型2年5作体系)

トウモロコシ不耕起播種機を活用した省力的な2年5作体系の栽培技術を開発し、西南暖地における多収作付け体系としての有効性を検証しました。慣行の2毛作体系と比較して、TDN収量を単位面積当たり15%以上増加させ、生産費をTDN収量当たり10%以上低減可能な技術を開発しました。

	1年目			2年目			4 (月)
	4	7	10	4	7	10	
対照区 二毛作	表作 トウモロコシ		裏作 イタリアンライグラス	表作 トウモロコシ		裏作 イタリアンライグラス	
試験① 2年5作	不耕起1作目 トウモロコシ	不耕起2作目 トウモロコシ	遅まき イタリアンライグラス/大麦	遅まき トウモロコシ	早まき イタリアンライグラス		
試験② 2年5作	遅まき トウモロコシ	早まき イタリアンライグラス		不耕起1作目 トウモロコシ	不耕起2作目 トウモロコシ	遅まき イタリアンライグラス/大麦	

図7. 二毛作体系及び2年5作体系

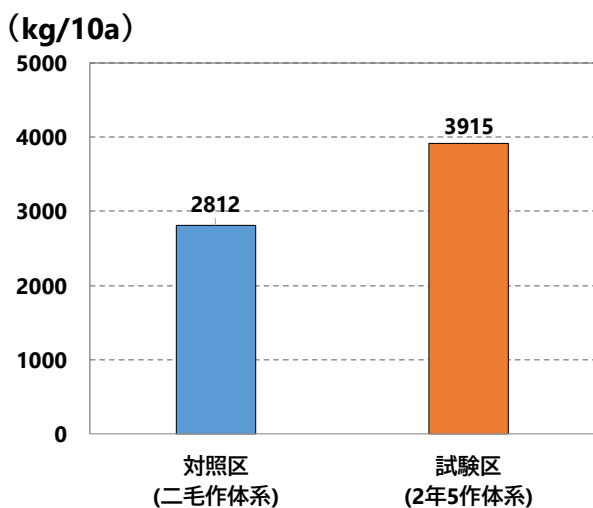


図8. 年平均における乾物収量比較 (2015~2018)

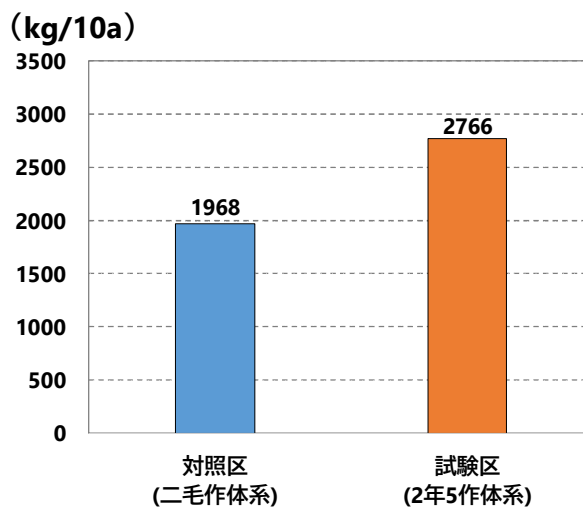


図9. 年平均におけるTDN収量比較 (2015~2018)

2年5作体系と二毛作体系における年平均の合計乾物収量を比較すると、2年5作体系が3,915kg/10a、二毛作体系が2,812kg/10aとなり、**2年5作体系が39%増収**しました。

2年5作体系と二毛作体系の年平均の合計TDN収量を比較すると、2年5作体系が2,766kg/10a、二毛作体系が1,968kg/10aとなり、**2年5作体系が41%増収**しました。

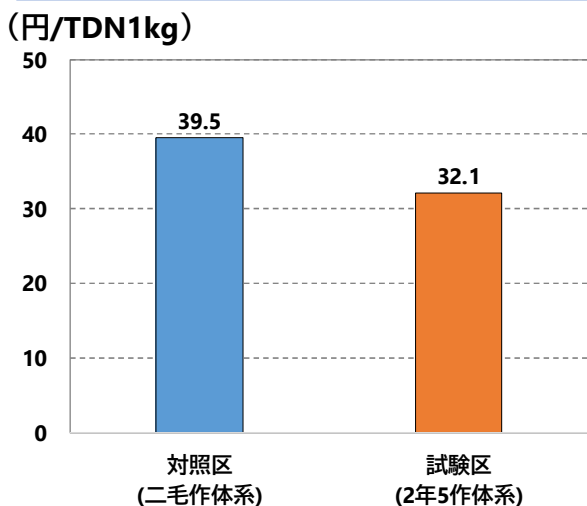


図10. TDN1kgあたりの生産費比較(2015~2018)

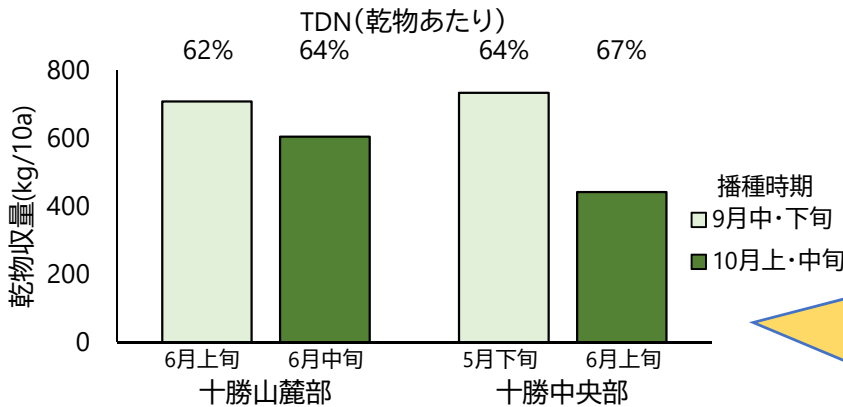
生産費は、2年5作体系と二毛作体系における年平均のTDN生産費を比較すると、2年5作体系が32.1円、二毛作体系が39.5円となり、**2年5作体系は生産費を19%低減**できるという結果になります。

北海道における飼料用麦類を用いた単収向上技術

道東地域におけるライ麦栽培技術の取り組み

トウモロコシ圃場から草地に転作する際、当該圃場からの収穫物が一時的に減少することが草地更新の進まない理由の1つとして挙げられてます。北海道十勝地域において、トウモロコシから草地に転作する際に生じる休耕期間にライ麦を導入する栽培技術を開発しました。

ライ麦の生産性・栄養価



出穂期のライ麦

ホールクroppサイレージ用として秋まきライ麦(以下、ライ麦)を9月中・下旬までに播種し、翌年5月下旬～6月上旬頃(出穂期)に収穫することで、乾物収量600kg/10a以上、TDN60%程度の良質な自給粗飼料を得ることができます(図11)。

図11. 出穂期におけるライ麦の乾物収量およびTDN含量

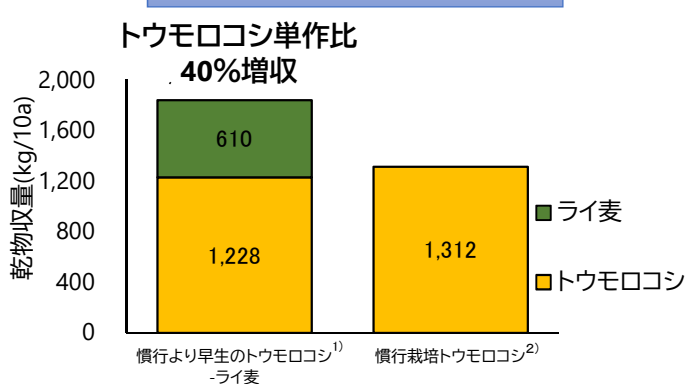
表1. 増収効果の見込まれるトウモロコシ→ライ麦→牧草体系の栽培スケジュール

年	ライ麦播種						ライ麦収穫・牧草播種年												
	8月	8月	9月	9月	9月	10月	越冬	4月	5月	5月	5月	6月	6月	6月	7月	7月	7月	8月	8月
旬	中	下	上	中	下	上		下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中
			トウモロコシ収穫	ライ麦播種				追肥			ライ麦収穫			耕起(播種床造成)				牧草播種	

慣行より熟期が早いトウモロコシ品種を用いることで、9月中旬頃までに収穫を終え、ライ麦を9月中に播種する2毛作(表1)により、飼料畑面積あたりの生産性が向上します(図12)。

ライ麦収穫後、省力的に草地造成を行う場合、ロータリハロによる表層攪拌(簡易更新)が有効です(表1)。播種床造成後は除草剤播種床処理が必要です(図13)。

トウモロコシとの二毛作



ライ麦後の省力草地造成技術

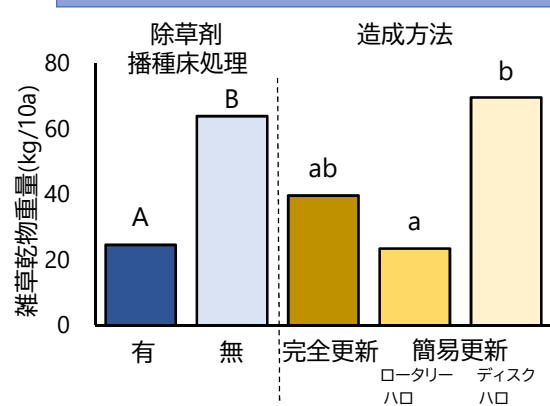


図12. トウモロコシ単作とトウモロコシ-ライ麦の乾物収量の比較(十勝山麓部)

- 1) 慣行より早生品種RM70(北海道統一RM)
- 2) 慣行栽培品種RM85

図13. 除草剤播種床処理の有無、播種床造成方法の違いが牧草播種翌年の年間雑草乾物重量に及ぼす影響
※AB, ab異文字間で有意差ありTukey-Kramer法(P<0.05)。

4 不耕起・簡易耕栽培に適した 施肥管理技術

飼料用トウモロコシ栽培における省力化と省資源化

主な肥料の価格は2008年に国際市況の影響により高騰して以降、高いまま推移しています(図14)。そのため、飼料生産に要するコストを削減するには、堆肥や地力を活用した合理的な施肥管理により、化学肥料購入費を削減するとともに、適切な施肥管理により安定多収を得ることが重要です。

一方、これまで飼料用トウモロコシの低コスト、省力栽培技術として不耕起栽培、簡易耕栽培など省力播種技術(図15~16)が開発されています。このような省力栽培技術において、安定多収を達成し、かつ省資源化を両立するための施肥管理技術が必要となります。

こうしたことから、寒冷地の飼料用トウモロコシ単作地帯においては不耕起栽培に適した窒素施肥管理技術及び堆肥利用技術、温暖地の飼料作物二毛作体系においては飼料用トウモロコシの簡易耕栽培等に適した窒素施肥管理技術、暖地においては不耕起栽培を取り入れた飼料用トウモロコシ二期作栽培に適した施肥管理技術を開発しました。

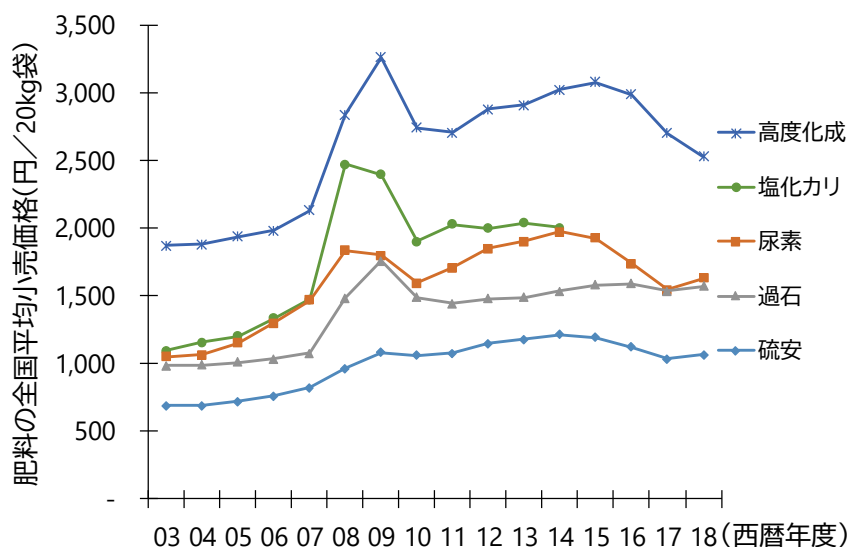


図14. 肥料の全国平均小売価格の推移

農業物価統計調査「農業物価統計」及び「ポケット肥料要覧-2015/2016-」をもとに作成

近年、化学肥料の価格は高いまま推移しており、合理的な施肥管理により、化学肥料の節減と飼料作物の安定多収の両立を図る必要があります。



図15-1. 飼料用トウモロコシ不耕起播種

寒冷地の飼料用トウモロコシ単作地帯における不耕起播種(左)
 暖地の飼料用トウモロコシ二期作栽培における不耕起播種(右)



図15-2. 飼料用トウモロコシ不耕起播種

寒冷地における冬季の緑肥としてのヘアリーバッチ栽培(左)
 ヘアリーバッチを春季に枯死させた後、不耕起播種した
 飼料用トウモロコシ(右)



図16. ライムギ収穫跡地への飼料用トウモロコシ簡易耕播種

ディスクハローによる前植生の制御と不耕起播種機による飼料用トウモロコシ播種(以下のURL参照)
https://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/nilgs/2013/13_012.html

省力栽培技術において、安定多収・省資源化を両立する施肥管理技術が必要となります。

寒冷地における 飼料用トウモロコシ不耕起栽培の窒素施肥管理

不耕起栽培では、播種前の耕起作業を必要としないために省力的です。しかし、肥料散布が土壌表層に限定されるため、不耕起栽培では耕起栽培と異なる肥培管理が必要とされる可能性があります。そこで、不耕起栽培に適した窒素施肥量を明らかにするとともに、冬作のヘアリーベッチを用いた寒冷地における窒素の減肥方法を開発しました。また、不耕起栽培時の牛ふん堆肥利用の注意点を明らかにしました。

1. 不耕起栽培での窒素施肥量

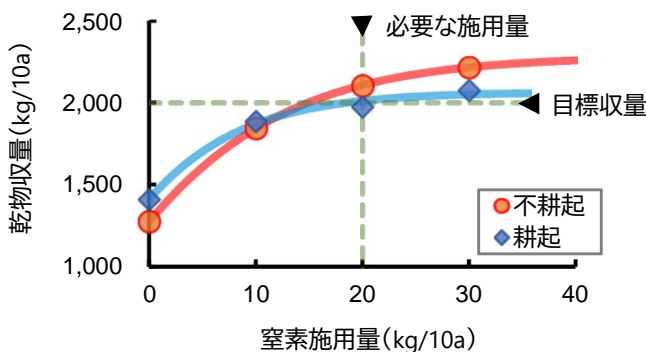


図17. 窒素施肥量と乾物収量との関係

窒素施肥量が10kg/10a以上の場合、耕起栽培でも不耕起栽培でも同様な肥効が示され窒素施肥量が20 kg/10aの時に乾物収量が2,000kg/10aに達しました。
不耕起栽培時でも、慣行の耕起栽培時と同程度の窒素施肥量で、十分に高い収量が得られます。

※図中の値はP1690(相対熟度115日)を使用した3年間の試験結果の平均値を示しています。

2. ヘアリーベッチを用いた窒素減肥法

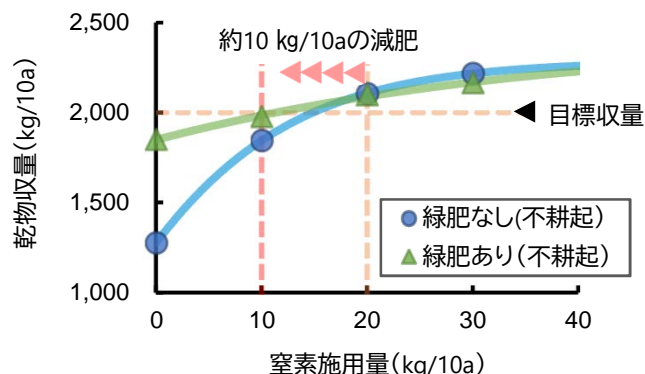


図18. 不耕起栽培下での緑肥と窒素施肥と乾物収量との関係

冬季にヘアリーベッチを栽培することで、化学肥料による窒素施肥量が10 kg/10aでも乾物収量は2,000 kg/10a近くに達しました。

ヘアリーベッチを用いることで、窒素施肥量を約10 kg/10a削減可能となります。ヘアリーベッチは寒冷地の冬季でも栽培が可能であり、冬季の有効的な土地利用を実現します。

※ヘアリーベッチは10月に5 kg/10aの播種量で播種し、翌年5月に除草剤で枯死させて緑肥とします。

不耕起栽培における牛ふん堆肥の窒素肥効特性

不耕起栽培下の牛ふん堆肥の窒素の肥効特性を調べるため、化学肥料での窒素施用をせず、牛ふん堆肥のみを施用した連作試験を行いました。耕起栽培と比較し、開始後5年間のトウモロコシの窒素濃度と乾物収量が低くなりました。

不耕起栽培の開始直後は牛ふん堆肥だけでは窒素不足が生じやすいため、牛ふん堆肥に加えて十分量の化学肥料を併用する必要があります。

※図中の結果は堆肥と耕起を施した処理区の結果(青線)を100とした時の不耕起処理区の結果を相対値で示しています。
※試験では4 t/10aの牛ふん堆肥を毎年の春に施用しました。

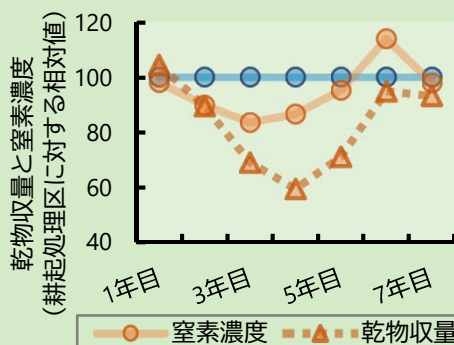


図19. 耕起処理の違いによる連作下でのトウモロコシの窒素濃度と乾物収量の推移

寒冷地における 飼料用トウモロコシ不耕起栽培の家畜ふん堆肥利用

飼料用トウモロコシの不耕起栽培は、家畜ふん堆肥(以下、堆肥)の活用方法が明らかとなっておらず、普及上の課題となっています。そこで、岩手県において堆肥活用型の不耕起栽培を実証しました。

1. 不耕起栽培における堆肥の表面施用の効果

堆肥(CN比20前後、牛ふんのほか豚ふん、鶏ふんを一部含む)を0、3、6、9、12t/10aの5水準で表面施用し、化学肥料(窒素10、リン酸12、カリ10kg/10a)を併用した不耕起栽培を3年間続けました。1、2年目の乾物収量は概ね同じでしたが、3年目には堆肥施用区が0t区より10%程度多収となりました(図20)。一方、3~12t区に収量差がないこと、3年目の堆肥由来窒素の利用効率から、**堆肥の表面施用は3t/10a程度が効果的**であることが分かりました(図20、21)。

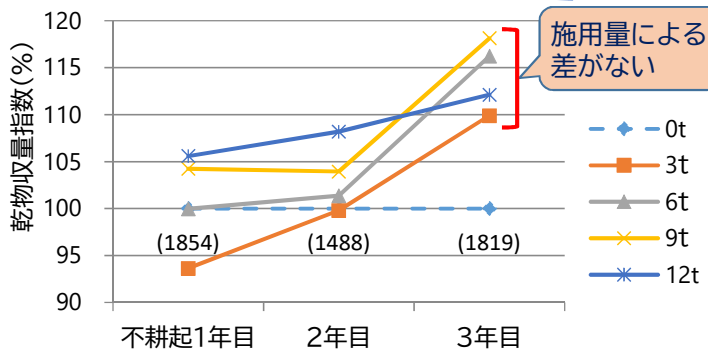


図20. 堆肥施用量の異なる不耕起条件における飼料用トウモロコシの乾物収量の推移

乾物収量指数は堆肥0t区の乾物収量を100としたときの比を示す。
()内は0t区の乾物収量(kg/10a)を示す。

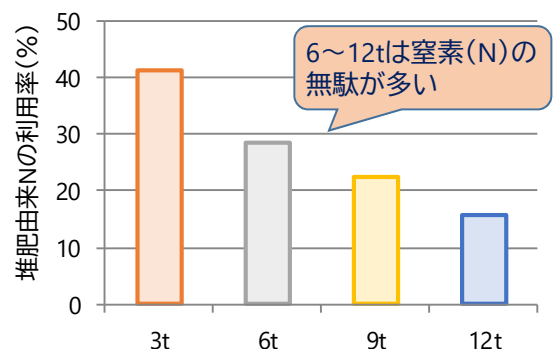


図21. 飼料用トウモロコシによる堆肥由来窒素の利用率(不耕起3年目)

堆肥由来N利用率
= (N吸収量 - 0t区N吸収量) / 当年堆肥由来N

2. 不耕起栽培開始前年に施用した堆肥(15t/10a)の効果

- 初年度(不耕起栽培前年) 堆肥15t/10a施用後、耕起栽培
- 翌年から3年間 不耕起栽培、堆肥の追加なし

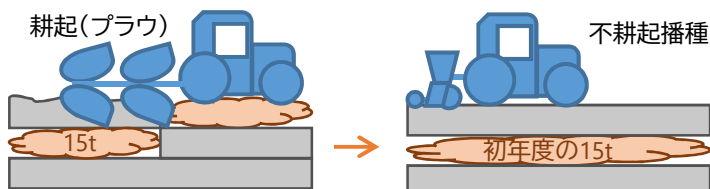


図22. 不耕起前年堆肥15t/10a栽培の堆肥施用方法

化学肥料は窒素10-リン酸12-カリ10kg/10aを毎春に表面施用。堆肥は切り返しを行い、数か月置いたものを使用。なお、流出等の恐れがある圃場では堆肥の大量施用をしないこと。

不耕起栽培を始める前の年に堆肥15t/10aを施用して耕起栽培し、翌年から3年間、堆肥を施用せずに不耕起栽培を続けました(図22)。乾物収量は約2t/10a・年と、目標収量を概ね達成しました(図23)。

一方、窒素の吸収量は3年目に低下したため、4年目には耕起栽培に戻すことをお勧めします(図24)。

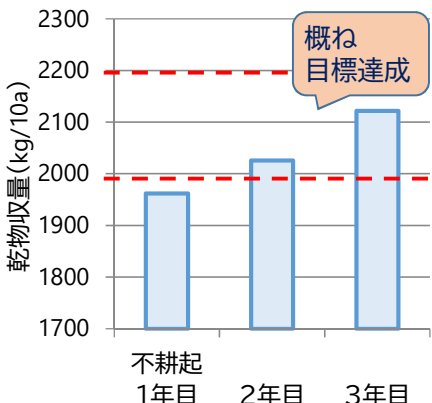


図23. 不耕起栽培の乾物収量
岩手県の飼料用トウモロコシ目標収量
2000~2200kg/10a

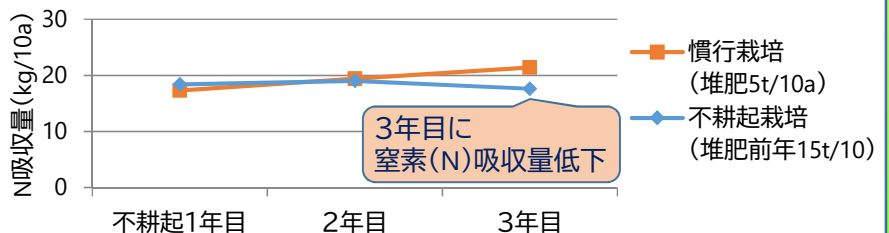


図24. 不耕起栽培と慣行栽培の窒素吸収量の比較

当試験は岩手県滝沢市の圃場(標高250m、黒ボク土、pH6.0、リン酸吸収係数2,000程度)で実施しています。土壌60-80cmにおける無機態窒素やリン酸の上昇はみられませんでした。

温暖地の飼料作物二毛作体系における飼料用トウモロコシの簡易耕栽培等に適した窒素施肥管理技術

都府県では夏作トウモロコシと冬作物を組み合わせる飼料作物二毛作が一般的です。そのため、都府県での飼料用トウモロコシの省力的播種では、前植生となる冬作物の再生や残根を制御する必要があります。そこで、冬作ライムギ後の飼料用トウモロコシの省力的播種として、ディスク耕と不耕起播種機を組み合わせた簡易耕播種技術が開発されています(図16)。

一方、飼料用トウモロコシ栽培は牛ふん堆肥を利用して行われます。牛ふん堆肥には地力改善効果があり、連年施用することで土壤の肥沃度が高まります。そこで、作物生育を大きく左右する窒素施肥に着目し、簡易耕栽培にも適用可能な土壤窒素肥沃度の評価に基づく飼料用トウモロコシの窒素施肥管理を開発しました(表2)。

表2. 土壤の窒素肥沃度に基づく飼料用トウモロコシの窒素施肥管理[†]

窒素肥沃度		窒素施肥対応
生土培養 可給態窒素量 (mg/kg乾土)	風乾土培養 可給態窒素量 (mg/kg乾土)	
20未満	40未満	窒素施肥量を22kg/10aとする。 ただし、安定して目標収量を得るには牛ふん堆肥を施用して地力を高める。
20~30	40~60	窒素施肥量を22kg/10aとする。
30~40	60~90	窒素施肥量を15kg/10aとする。
40~50	90~110	窒素施肥量を10kg/10aとする。
50~100	110~210	窒素施肥量を5kg/10aとする。
100以上	210以上	窒素無施肥とする。

[†]目標収量は乾物として1,800kg/10aを想定する。栃木県北部の褐色低地土による試験に基づく。

慣行播種、簡易耕播種栽培においても土壤の窒素肥沃度に応じて窒素肥料を減らしつつ、目標収量を得ることができます(図25)。牛ふん堆肥を1作10aあたり3トン程度連用すると、窒素肥沃度が生土培養の可給態窒素量で30~50mg/kg乾土程度となるため、平均的な窒素施肥基準量(北海道を除く地域)18kg/10aよりも窒素施肥量を減らすことが可能です。

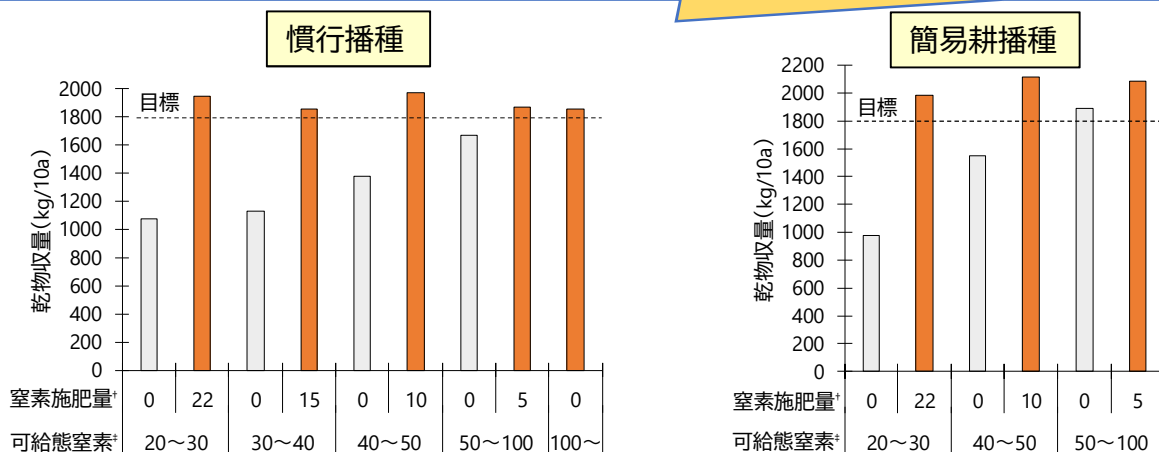


図25. 慣行播種(左)と簡易耕播種(右)した飼料用トウモロコシへの窒素施肥効果

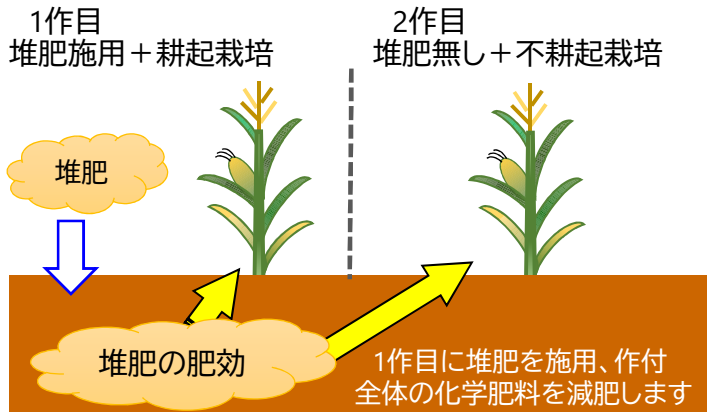
[†]上表の窒素施肥量に基づく。^{*}上表の生土培養可給態窒素量を示す。慣行播種としてプラウ、ロータリ耕後に播種を実施、供試品種は「KD640」、可給態窒素量レベルにつき、複数年次の試験に基づく平均値を示す。簡易耕播種としてディスク耕後、不耕起播種機(NM-9500/4)にて播種、供試品種は「KD640」と「KD641」、可給態窒素レベルにつき、複数年次の平均値を示す。

土壤の可給態窒素量は生土、風乾土について、一定の水分を保ちながら30°C4週間で無機化した窒素量により求められます。風乾土培養による可給態窒素量については短時間で評価できる簡易法が開発されています。簡易評価法の詳細については以下のURLを参照してください。

http://www.naro.affrc.go.jp/laboratory/carc/result_digest/files/snmanu.pdf

暖地の飼料用トウモロコシ二期作体系における不耕起栽培に適した施肥管理技術

暖地の飼料用トウモロコシの二期作体系では2作目に不耕起栽培が行われています。しかし、牛ふん堆肥(以下、堆肥)施用時には土壌との混和が推奨されるため、不耕起栽培時に堆肥を施用できない場合があります。そのような場合、化学肥料費の負担が増加することが問題となっていました。そこで、堆肥の特徴である緩やかな肥効を利用し、耕起栽培である1作目に堆肥を施用し、作付全体の化学肥料を減肥する施肥体系を開発しました。



➤ 施肥設計の方法

具体的な事例を基に施肥設計を紹介します。本事例では1作目に堆肥を5.9t/10a施用しています。

- ①堆肥の成分を分析し、堆肥に含まれる窒素、リン酸、カリの成分量を調べます。さらに肥効率をかけ、堆肥から供給される施肥量を計算します(表3)。
- ②地域の施肥基準を参考に年間の肥料要求量を算出します(表4)。
- ③堆肥では不足する施肥成分を化学肥料で施用します(表5)。本事例ではリン酸肥料に可溶性の成分を含む肥料を用い、2作分を1作目に施用しました。カリは堆肥から十分に供給されるため、無施用です。

表3. 使用する堆肥の成分と肥料供給量

成分名	1tあたりの含有量	肥効率	1tあたりの肥料供給量
窒素	7.1kg	30%	2.1kg
リン酸	4.8kg	60%	2.9kg
カリ	14.5kg	90%	13.1kg
C/N比	16.0		

表4. 飼料用トウモロコシの肥料要求量

成分	養分要求量(kg/10a)		
	1作目	2作目	年間施用量合計
窒素	16.9	16.9	33.8
リン酸	16.9	16.9	33.8
カリ	16.9	16.9	33.8

表5. 1作目に表3の堆肥を5.9t/10a施用する場合の施肥設計

成分	堆肥供給分(kg/10a)	1作目(kg/10a)	2作目(kg/10a)	年間施用量合計(kg/10a)
窒素	12.5	8.1	9.5	30.0
リン酸	17.1	14.8	0	31.9
カリ	77.1	0	0	77.1

➤ 収量と化学肥料費の削減効果

紹介した施肥設計の方法で二期作を2年間行いました。また、比較対象として、表4の養分要求量を全て化学肥料で施用する圃場を設け、収量を比較しました。その結果、堆肥利用圃場と化学肥料圃場の収量は同程度でした(図26)。また、堆肥圃場の年間の化学肥料費は化学肥料圃場と比較し、約5割削減されました(図27)。

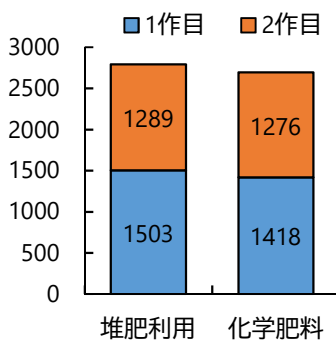


図26. 飼料用トウモロコシの年間乾物収量 (2018-19年の平均値)

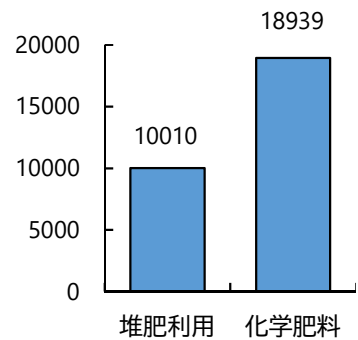


図27. 年間の化学肥料費 (2018-19年の平均値)

➤ 技術の適用範囲と留意事項

- ①本技術は火山灰土壌で試験を行っています。適用地域は暖地で飼料用トウモロコシ二期作が行われている地域です。堆肥の分析値は重量あたりで示されるため、堆肥施用前に比重を確認し、正確な堆肥施用量を把握してください。
- ②過度な堆肥施用は土壌や収穫物のミネラルバランスを悪化させます。堆肥施用量は地域の施肥基準などを参考に決定してください。また、定期的に土壌診断や収穫物の分析を行い、施肥計画を見直してください。

5 湿害対策技術

サイレージ用トウモロコシは飼料作物の中では耐湿性の低い作物の一つであり、その栽培には排水が良好な圃場が適しています。目安として、地下水位が40cm以下である圃場での栽培が推奨されています。しかし、水田転換畑では、排水性が十分でない場合があるため、湿害対策が重要となります。広域・地区単位および圃場単位での排水対策を行うとともに、畝立て栽培や施肥管理などの湿害軽減技術を組み合わせることが重要となります。

水田転換畑における主な湿害対策

- ◆ 水田転換畑における主な湿害対策としては、まず、圃場整備や排水路の整備、あるいはブロックローテーションといった広域あるいは地区単位での排水対策が挙げられます。
- ◆ 次に、圃場単位での湿害対策として、地表排水(表面排水)を促進させる方法と地下排水を促進させる方法を組み合わせることが重要となります。
- ◆ 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、田面・耕盤の均平、田面の傾斜化などが有効であり、畝立て栽培(耕うん同時畝立て播種)もこの方法に含まれます。一方、地下排水を促進させる方法としては、本暗渠の整備のほか、補助暗渠(弾丸暗渠、心土破碎、簡易暗渠)等の技術が活用可能です。
- ◆ 湿害発生時に尿素等により10a当たり5~10kgの窒素を追肥することで、トウモロコシの生育が回復することが知られていますが、湿害が予想される圃場について、事前に尿素等により10a当たり10kg前後の窒素を施用することで湿害の軽減が可能です。

耕うん同時畝立て播種

- ◆ 耕うん同時畝立て播種技術は、アップカットロータリと施肥播種機を組み合わせ、10cm前後の畝を作りながら、その畝に播種を行う技術です(図28)。
- ◆ 種子が高い位置に播種されるため湿害を軽減でき、また畝間が明渠の役割を果たすことで排水が促進されます。
- ◆ 現在、畝立て播種用の2条用と3条用のアップカットロータリが市販されており、これらのアップカットロータリと施肥播種機を組み合わせることで、畝立て播種が可能になります。

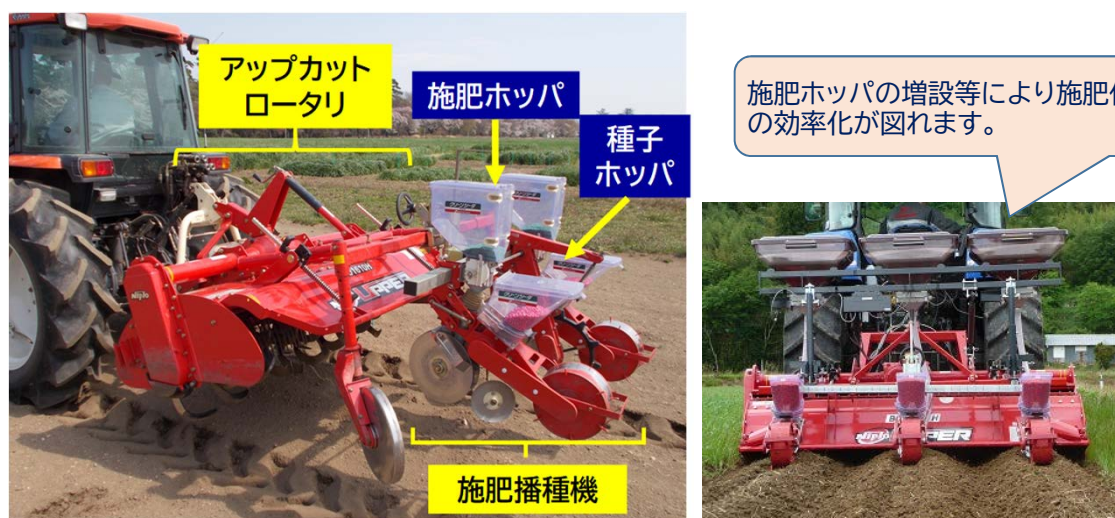
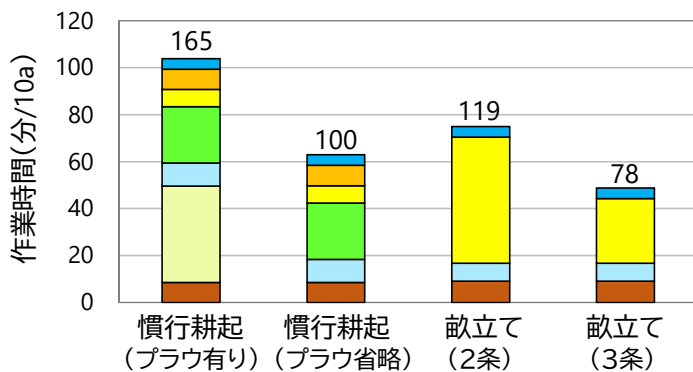


図28. 耕うん同時畝立て播種機の構造(左)および3条用の耕うん同時畝立て播種機(右)

耕うん同時畝立て播種の作業効率



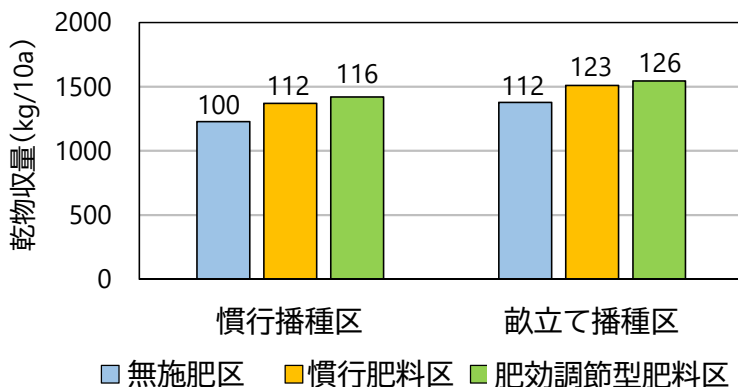
耕うん同時畝立て播種の10a当たりの作業時間は、2条用の場合、プラウ耕を省略した慣行耕起播種よりも約2割長くなりますが、3条用の場合、約2割短い作業時間で播種可能です。

- 除草剤散布
- 鎮圧
- 播種
- 整地
- 施肥
- 耕起

図29. 慣行耕起播種と耕うん同時畝立て播種の10aあたり作業時間の比較

各播種法の作業時間はそれぞれ15aのイタリアンライグラス収穫跡地で計測。作業時間には資材の詰め込みを含むが、移動時間と機械の取り付け・取り外しの時間は含まない。図中の数字は慣行耕起(プラウ省略)を100とする比数。

耕うん同時畝立て播種と施肥を組み合わせた湿害対策



栃木県大田原市における現地試験では、湿害発生圃場において耕うん同時畝立て播種を行うことで、トウモロコシの乾物収量が平均で10%増加し、また、事前に尿素等により窒素10kg/10aを施用することで、乾物収量が平均で10~14%増加しました。

図30. 各試験区におけるトウモロコシの黄熟期乾物収量

栃木県大田原市における3か年の現地試験結果。慣行肥料区は高度化成肥料によりN-P₂O₅-K₂Oの各成分10kg/10a、あるいは尿素でN10kg/10a施用。肥効調節型肥料区はLPコート(尿素)を含む高度化成肥料により各成分10kg、あるいはLPコート(尿素、N42%)のみでN10kg/10a施用。図中の数字は慣行播種・無施肥区を100とする比数。



表6. 各区におけるTDN1kg当たりの生産費の試算

	慣行播種区		畝立て播種区	
	(円/kgTDN)			
無施肥区	56.3 (100)		54.7 (97)	
慣行肥料区	53.3 (95)		52.4 (93)	
肥効調節型肥料区	57.0 (101)		56.4 (100)	

上記の増収効果によりTDN1kg当たりの生産費は3~7%低減すると試算されます。

TDN収量は図30の坪刈り乾物収量×0.8×0.65により推定。生産費はデントコーンの都府県の統計値38,414円/10aから化学肥料費2,453円/10aを差し引き、以下の肥料費と機械費を加算。肥料費は慣行肥料区1,957円(尿素によりN10kg/10a)、肥効調節型肥料区6,120円(LPコート(尿素、N42%)によりN10kg/10a)と仮定。機械費は3条用アップカッターと施肥播種機合計で1,129千円、減価償却期間7年、利用面積5haで計算。

耕うん同時畝立て播種の留意点

- ◆ 現在の耕うん同時畝立て播種機で用いられている播種機は回転目皿式であり、目皿にトウモロコシ種子がつまる場合があるため、適時、種子のつまりがないか確認する必要があります。
- ◆ 畝立て播種では慣行播種に比較して倒伏しやすくなるため、湿害が発生していない圃場での畝立て播種は避ける必要があります。

6 子実用トウモロコシの生産・利用技術

穀実飼料としての飼料用トウモロコシは大部分を輸入に依存しており、飼料価格は海外の情勢によって左右されます。安定した畜産経営には、国内でのトウモロコシ子実の生産が重要です。しかし、国内での生産は、北海道等を除いてこれまでほとんど行われておらず、特に都府県では子実用トウモロコシの栽培に関する基礎的な情報が不足しています。そこで、子実用トウモロコシの生産・利用技術の概要をご紹介しますとともに、とくに子実生産に適した品種選定のポイントをご紹介します。

子実用トウモロコシとは？

子実用トウモロコシとは、「穀実(子実)のみを収穫・利用する目的で栽培されたトウモロコシ」です。飼料用トウモロコシを完熟期まで圃場において登熟させ、子実のみを収穫します。



子実用トウモロコシの生産・利用技術

子実用トウモロコシの播種方法や肥培管理はホールクロープサイレージ(WCS)用トウモロコシの場合とほぼ同様です。品種は市販の飼料用トウモロコシ品種を使用しますが、WCS用トウモロコシの収穫適期とされる黄熟期よりも2週間以上長く圃場で登熟させた完熟期に収穫を行います。収穫には、都府県では普通コンバインに子実用トウモロコシ専用のリールヘッドを装着した収穫機(汎用コンバイン)が多く利用されています。貯蔵は乾燥または子実(無破碎・破碎)サイレージの2通りあり、牛、豚、鶏に給与することができます。



図31. 子実用トウモロコシの収穫、調製、給与体系の一例

詳細は以下の手引きをご参照ください。

「子実用トウモロコシ生産・利活用の手引き(都府県向け)第1版」:

http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/files/sjtitoumorokosimanual20190425.pdf

品種選定のポイント

子実用トウモロコシではWCS用と比較して栽培期間が長いため、台風による倒伏リスクが高まることや、病虫害の影響が顕在化することが懸念されます。また、秋の気温低下による登熟の停滞・水分率の高止まりを避けるためにも、茎葉や子実の乾燥が早く進み立毛期間の短い子実多収の品種が適しています。以下では栃木県北部において実施した試験を基に品種選定のポイントをまとめました。



図32. 栃木県北部における子実用トウモロコシの栽培スケジュール

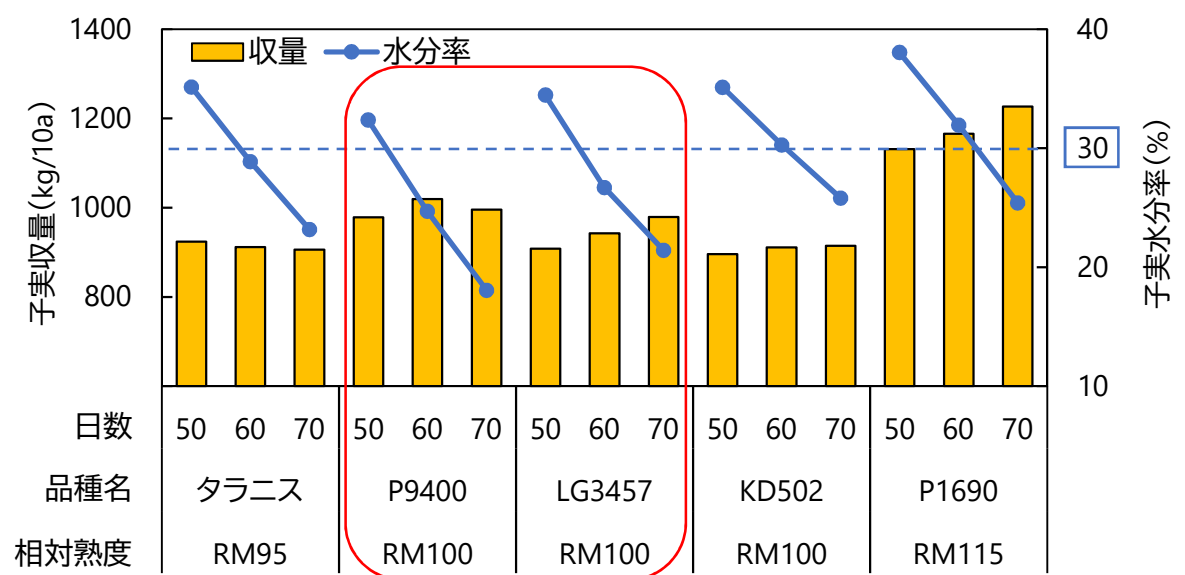


図33. 5品種の絹糸抽出から50、60、70日後の子実収量および子実水分率

注) 点線は収穫目安の子実水分率30%を示す。子実収量および子実水分率は70℃の通風オープンで4日以上乾燥させた値に基づく。4月下旬播種。2年間の平均値。

晩生寄りの品種は高い収量を期待できる一方、子実の水分低下が比較的遅いため栽培期間が長く、台風や病虫害のリスクが懸念されます。リスクを可能な限り回避しながら収量を確保するには、RM95～100の極早生品種が適しています。さらに同じRM100の品種でも、「P9400」や「LG3457」(図33赤枠)のような子実の水分低下が速く、かつ、子実収量の高い品種を選択することが望ましいです。



収穫目安は子実水分率30%以下です。



台風による倒伏や降雨直後の収穫は、収穫困難や夾雑物混入の原因になります。

汎用コンバインでの収穫では、台風シーズンなど収穫物の水分率が下りづらい時期や登熟が不十分な状態での収穫作業は、脱穀・選別性能が低下したり、収穫作業が機械的に困難になる場合があります。

執筆者

はじめに

須永義人 農研機構畜産研究部門

トウモロコシとはー作物の特性と上手な品種選びー

玉置宏之 農研機構畜産研究部門

飼料用トウモロコシを基幹とした低コスト・周年省力栽培技術

住田憲俊 農研機構中央農業研究センター

折原健太郎 神奈川県畜産技術センター

高野 浩 静岡県畜産技術研究所

福井弘之 徳島県立農林水産総合技術支援センター

今 啓人 北海道立総合研究機構畜産試験場

角谷芳樹 北海道立総合研究機構酪農試験場

不耕起・簡易耕栽培に適した施肥管理技術

藤竿和彦 農研機構東北農業研究センター

出口 新 農研機構東北農業研究センター(現 農林水産省)

佐藤 真 岩手県農業研究センター畜産研究所

須永義人 農研機構畜産研究部門

加藤直樹 農研機構九州沖縄農業研究センター

湿害対策技術

菅野 勉 農研機構畜産研究部門

菅原賢一 宮城県畜産試験場

子実用トウモロコシの生産・利用技術

赤松佑紀 農研機構畜産研究部門

阿部佳之 農研機構中央農業研究センター

森田聡一郎 農研機構畜産研究部門(現 農林水産省)

本パンフレットは、農林水産省委託プロジェクト研究「収益力向上のための研究開発」(自給飼料分科会)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高栄養飼料生産コンソーシアム((国研)農研機構畜産研究部門)の許可を得てください。

<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>

令和2年3月

高栄養飼料生産コンソーシアム

編集:須永義人(農研機構畜産研究部門)

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

〒329-2793 栃木県那須塩原市千本松768

TEL 0287-36-0111 / FAX 0287-36-6629

Web問い合わせフォーム

<http://www.naro.affrc.go.jp/inquiry/index.html>

