

水田飼料作を基盤とする資源循環型 牛乳・牛肉生産の手引き —水田を活用した飼料生産技術編—



経営体(府県自給飼料)コンソーシアム

はじめに

TPP等の国際競争に直面するわが国畜産の経営を強化するためには、経営コストに占める割合の大きい飼料費（大家畜生産コストの約4～5割）の節減が不可欠です。特にその約9割を輸入に頼っている濃厚飼料を低コストに自給することで、生産コストの削減と穀物価格の国際変動に影響されない安定した経営が可能になると考えます。そこで我々のコンソーシアム（研究グループ）では、府県の水田を基盤とした飼料用米やサイレージ用トウモロコシなど自給飼料の低コスト生産及びその利用技術を開発・実証し、大家畜生産の経営安定化に資することを目的に、農研機構生研支援センター「革新的技術開発・緊急展開事業（うち経営体強化プロジェクト）」の支援を受けて「府県における自給飼料生産利用技術の開発と実証（平成29年～令和元年度）」の研究を進めてきました。

本手引きは、このプロジェクトで得られた研究成果や現地実証事例などを農業技術指導者等の皆さまにお伝えし、水田で栽培される大家畜向け自給飼料の生産と利用に役立てていただくことを目的に作成しました。

このプロジェクトで我々が取り組んだ研究内容は、下記の5項目に大きく分けられます。

- (1) 水田を活用した飼料生産技術
- (2) 飼料の効率的収穫調製・流通技術
- (3) 牛乳生産技術
- (4) 牛肉生産技術
- (5) 経営評価

本手引きは、これら内容を現場でも見やすく分かりやすい様に写真や図表を多用し、大きな文字で記載した上、現場に持ち込みやすい重さとするため項目毎に5分冊としました。必要に応じて使い分けていただき、現地での普及指導に役立てていただければ幸いです。

研究代表者：
農研機構 中央農業研究センター 飼養管理技術研究領域長
野中和久

目次

1 飼料用米の栽培技術

- 1) 温暖地向き多収品種「オオナリ」の品種特性 1
- 2) 「オオナリ」疎植栽培による省力多収栽培 2
- 3) 牛ふん堆肥活用による持続的生産 4
- 4) 「オオナリ」玄米のビタミンE含量 6

2 ホールクロップサイレージ(WCS)用 稲麦二毛作の栽培技術

- 1) 作付体系 7
- 2) WCS用稲「夢あおば」乾田直播栽培2回刈り 8
 - (📅 栽培暦 11)
- 3) 水稻あとWCS用麦(小麦食用品種) 10
 - (📅 栽培暦 13)

3 WCS用トウモロコシの栽培技術

- 1) サイレージ用トウモロコシの栽培法概要 15
- 2) サイレージ用トウモロコシ栽培の技術的ポイント 17
- 3) サイレージ用トウモロコシの湿害対策技術 18
- 4) 施肥と高速耕うん同時畝立て播種による湿害対策技術の検討 19

1 飼料用米の栽培技術

飼料用米は水田で生産できる自給濃厚飼料として重要です。多収の新品種「オオナリ」を作付けすることで、従来品種に比べて大幅な収量向上、生産コストの低減が期待できます。さらに疎植栽培や肥効調節型肥料の導入により省力化が図られます。また、牛ふん堆肥の適切な活用により、リン酸、カリ肥料が節約でき、連用すると土壤肥沃度が向上するため持続的な生産が可能です。「オオナリ」は玄米のビタミンE含量（トコトリエノール等）も高く、家畜への給与効果も期待できます。



1) 温暖地向き多収品種「オオナリ」の品種特性

- 温暖地向き多収品種で、関東以西が栽培適地です（農研機構次世代作物開発研究センター育成 2017年品種登録）。育成地では940kg/10aの多収も得られており、従来品種よりも大幅に収量が高いため、生産コストの低減が期待できます（図1-1）。
- 関東地方での熟期は“**中生の早**”で、「コシヒカリ」よりやや遅くなります。
- 草型は“**穂重型**”で、大きな穂をつけます（写真1-1）。
- **脱粒性**が原品種「タカナリ」“**易**”に対して“**中**”に改良されています。
- 短稈で、**耐倒伏性**に優れています。
- **縞葉枯病**には強い**抵抗性**を持ちます。
- **インド型品種**のため粒形はやや細長く、食用品種との識別が可能です。

（参考資料）http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/nics/2014/nics14_s09.html
（「タカナリ」の脱粒性を改善した中生の多収性水稲新品種「オオナリ」）



写真1-1. 登熟期の「オオナリ」の様子

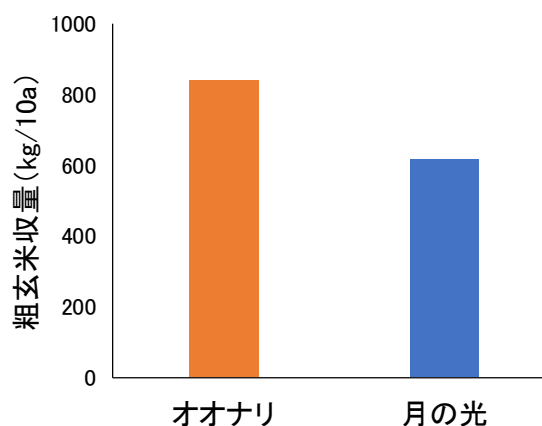


図1-1. 「オオナリ」の粗玄米収量
2年間の平均（茨城県つくばみらい市）

「オオナリ」は、大きな穂にたくさんの籾をつけ、登熟期間の受光態勢も良好なため、従来品種に比べて著しく高い収量が得られます。

種子の入手先：農研機構育成品種の種苗入手先リストは以下のURLから検索できます。

http://www.naro.affrc.go.jp/collab/breed/seeds_list/index.html

* 寒冷地等ではインド型多収品種である「オオナリ」の栽培は適さないため、「夢あおば」、「べこあおば」等、地域に適した日本型多収品種の利用が推奨されます。

2) 「オオナリ」 疎植栽培による省力多収栽培

- 栽植密度50株/坪（約15株/m²）程度の疎植栽培で慣行の70株/坪（約21株/m²）と同等以上の収量が得られます（図1-2）。育苗箱数も2～3割程度削減でき、育苗管理・移植作業の省力化が図られます。
- 肥効調節型肥料の利用により、追肥作業の省略も可能です。
- 窒素成分12～16kg/10a程度の多肥で多収が得られやすくなります（図1-3）。

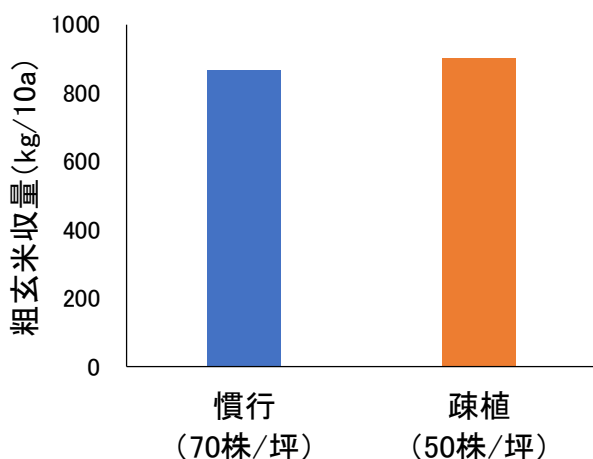


図1-2. 「オオナリ」 疎植栽培の粗玄米収量
2年間の平均（現地実証試験（栃木県大田原市））

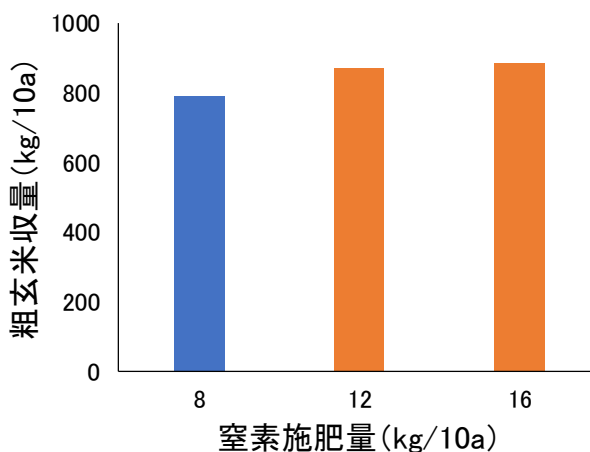


図1-3. 「オオナリ」の窒素施用量と粗玄米収量
2年間の平均（茨城県つくばみらい市）

- 疎植栽培では広い株間により分けつ期間中の過繁茂を回避しながらも、幼穂形成期頃までには慣行の70株/坪と同程度の生育量が確保されます（写真1-2）。

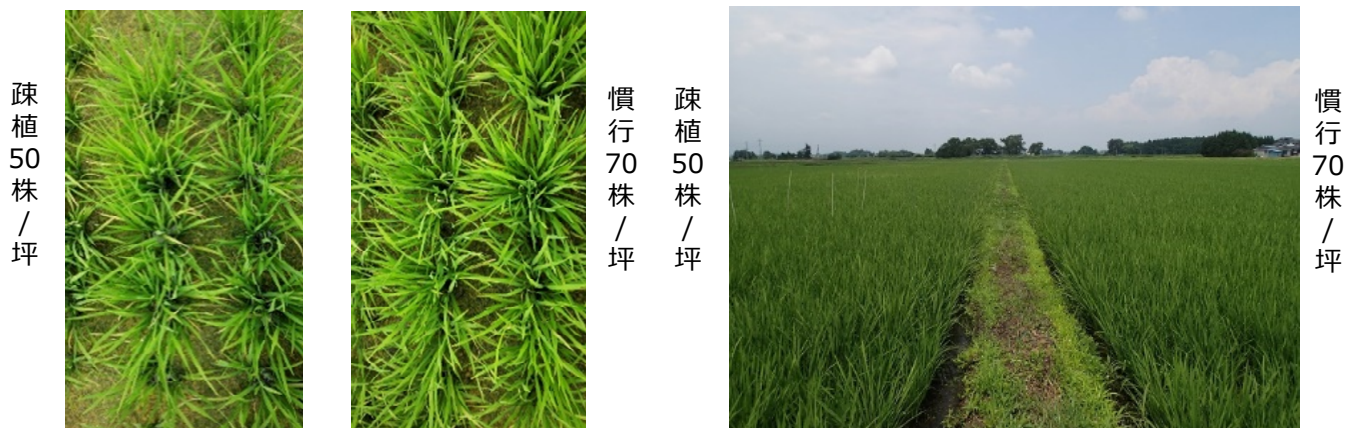


写真1-2. 疎植栽培の「オオナリ」の様子（左：最高分けつ期、右：幼穂形成期）

- 「オオナリ」の多収性を発揮する上で、5月上旬から中旬までの早植が有効です（図1-4）。

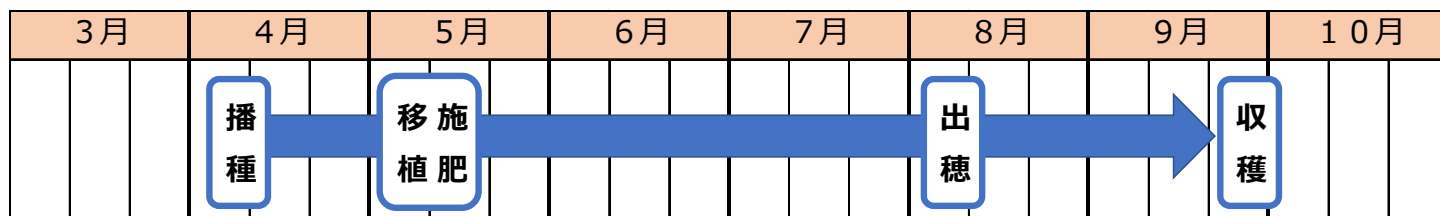


図1-4. 「オオナリ」疎植栽培の作付時期

！ 「オオナリ」栽培上の留意点

「オオナリ」は一般の食用米品種と異なる特性があるため、以下に留意する必要があります。

- 水温10℃以下の低温で長時間浸種した場合、出芽不良となるおそれがあります。
- 休眠が深い場合には、加温による休眠打破が有効です。
- 苗丈が短いため、苗が水没しないよう**移植前の圃場均平**や**移植後の水管理**に注意します。
- **トリケトン系4-HPPD阻害型除草成分(ベンゾビシクロン、テフリルトリオン、メソトリオン)**に感受性が高いため、それらを含む除草剤は**使用できません**。
- いもち病に対しては複数の真性抵抗性遺伝子を持つとされ通常は発生しませんが、新たな病原菌の出現により罹病する可能性があります。その場合は防除を徹底する必要があります。
- 耐冷性が弱いため、冷害の恐れがある地域での栽培は避けて下さい。
- 落水時期は出穂後4週間程度を目安とします。
- 茎が太いため自脱コンバインの負荷軽減のため**収穫作業速度を下げる**、**刈取条数を減らす**等の対応が必要です。多収米収穫に対応した汎用コンバインの利用も有効です。
- 脱粒性は“中”のため、**刈遅れによる収穫ロスが生じます**。茎が柔らかくなり収穫作業に支障をきたす場合もあるため、**適期内に収穫**を行います（立毛乾燥は推奨できません）。
- 主食用米への混入には注意が必要です。
- 地域の乾燥施設でインド型多収品種の取り扱いがない場合には、自家での乾燥作業が必要になります（粳米サイレージ用に利用する場合は乾燥作業は不要です）。

3) 牛ふん堆肥を活用した持続的生産



写真1-3. 「オオナリ」と「コシヒカリ」
の一株の生育量の比較

・「オオナリ」はコシヒカリ等の主食用品種に比べて生育量が多い（写真1-3）。



・「オオナリ」を栽培すると、土壌から持ち出される養分が増えるため、これを補う必要がある。
・化学肥料だけで養分を補給すると、肥料の必要量が増加し、肥料代も増加する。



耕畜連携により牛ふん堆肥を低価格で入手できれば、肥料代を節約して必要な養分の補給が可能になります。

【牛ふん堆肥2t/10a施用のメリットと活用法】

- 堆肥施用により、イネの生育に必要なリン酸とカリの大部分が賄えるため（図1-4の茶色）、価格の高いリン酸・カリ肥料の節約が可能です（図1-5）。
- 稲わらを持ち出す場合はカリの収奪が大きくなるので、堆肥を使ったカリの補給が効果的です（図1-4の緑色）。
- 堆肥施用だけでは不足する窒素は化学肥料で補給してください（図1-4の水色）。
- 毎年堆肥を施用することで、土壌肥沃度が向上します。

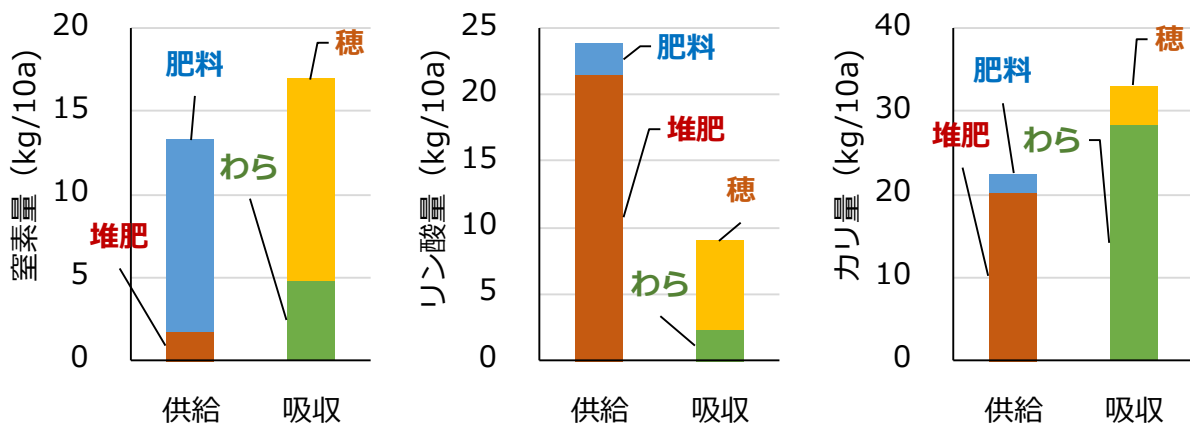


図1-4. 飼料用米「オオナリ」で収量800kg/10aを得た際の牛ふん堆肥（2t/10a）と化学肥料由来の養分供給量と飼料用米「オオナリ」の養分吸収量の比較

牛ふん堆肥由来養分は肥効率（牛尾ら（2004）土肥誌,75,99-102：窒素10%、リン酸80%、カリ90%）から推定した有効成分量を示した。化学肥料の施用量は窒素、リン酸およびカリそれぞれ12、2.3および2.3 kg/10a。2017および2018年に栃木県大田原市の水田（年4筆、計8筆）で実施した栽培試験の結果の平均値を示した。

【「オオナリ」の持続的多収に向けた養分施用量の例】 (図1-5)

- 牛ふん堆肥 2t/10a
- 化学肥料 窒素 10-12kg/10a
リン酸** 0-2kg/10a
カリ 2-5kg/10a

**可給態リン酸が土壌診断基準値を下回る場合は、
施肥基準に従いリン酸を施肥する。

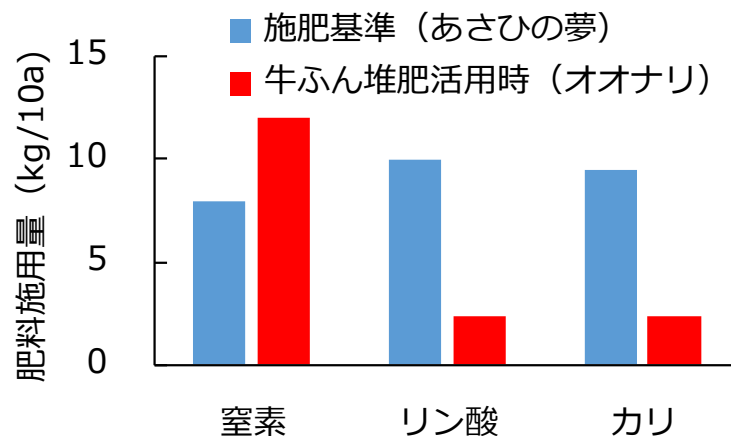


図1-5. 主食用多収品種「あさひの夢」の施肥基準量（栃木県）と牛ふん堆肥2t/10a施用時の「オオナリ」の化学肥料施用量の例

【注意点！】

牛ふん堆肥に含まれる窒素・リン酸・カリの割合とイネが吸収するこれらの養分の割合が異なるため(図1-4)、数年に一回は土壌診断をして、土壌養分のアンバランス化を防ぐ必要があります。

4) オオナリ玄米のビタミンE含量

ビタミンEと畜産飼料

脂溶性の抗酸化物質であるビタミンEは、畜肉やその加工品の脂質酸化を防いだり、保水性を向上させることが期待されます。このため、畜産飼料へのビタミンE（合成 α トコフェロール）の添加が広く行われています。

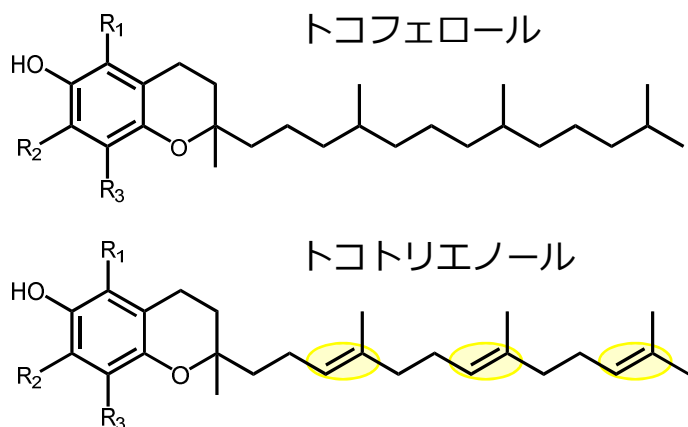


図1-6. ビタミンEの分子構造

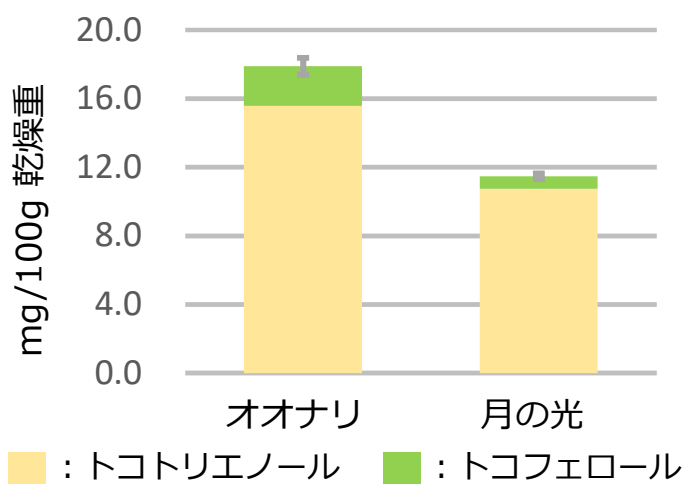


図1-7. 飼料用米品種の米ぬか中のビタミンE含量
(2018年、農研機構谷和原圃場(茨城県つくばみらい市))

トコトリエノールとは

天然ビタミンEにはトコフェロールとトコトリエノールがあり、トコトリエノールは強い抗酸化性を有するため「スーパービタミンE」とも呼ばれています。米に多く含まれています(図1-6)。

「オオナリ」はトコトリエノールが多い品種

「オオナリ」は他のイネ品種よりも、玄米のビタミンEが多く、特にトコトリエノールが非常に多い特徴があります(図1-7)。施肥条件、栽培条件が違ってても玄米中のトコトリエノールが多い性質は変わりません。

- トコトリエノールは分解されやすいので、収穫後は**粗のまま保存するか低温で貯蔵**することが必要です。
- 飼料中に含まれるトコトリエノールは肉等の畜産物に移行するため、「オオナリ」を飼料米として使用すれば、**合成ビタミンEの添加を減らす事が期待できます**。また、トウモロコシを主体とした慣行飼料やトコトリエノールが少ない従来の飼料用イネ品種の飼料との差別化が可能です。

2 ホールクroppサイレージ用稲麦二毛作の栽培技術

大規模水田作(主穀作)経営体が粗飼料生産作業を受託可能にするために、食用米麦の作業と競合しにくいホールクroppサイレージ(以下WCS)用稲麦二毛作の栽培技術を組立てたので紹介します。

生産コスト抑制のため、栽培管理は主穀作経営体が所有する機械、収穫・サイレージ調製は酪農家が所有する牧草収穫機械を利用した予乾サイレージ体系を前提としています。



ホールクroppサイレージ(WCS)

子実と茎葉を一体的に収穫し発酵させた飼料。このため、WCS用途では「米」ではなく「稲」と表記する。

1) 作付体系

【適応地域：米麦二毛作地域の水はけの良い水田】

食用米麦の作業が集中する5月中旬～6月下旬、10月上旬～11月下旬を避けてWCS用稲麦の作業を行うには、WCS用稲は前作に麦が作付けられていない圃場では4月下旬播種の乾田直播栽培、WCS用麦は食用麦と同時に播種できる小麦食用品種の慣行栽培が適します(図2-1)。

WCS用稲については、周辺圃場に入水されている時期は牧草収穫機械で収穫・調製するのが困難なので、周辺圃場が中干し期に収穫できる中早生品種「夢あおば」が最適です。さらに、中干し期に大型機械作業が可能な程度に圃場を乾燥できる排水性の良い水田が適地となります(写真2-1)。

区分	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
食用米(中早生種)		○	△				×	繁忙期		○		
食用米(晩生種)		○	△				×					
新規需要米(晩生種)		○	△				×					
食用麦(二条大麦)			×					○				
食用麦(小麦)			×					○				
WCS稲乾田直播	○				×		×			同時作業可能		
WCS麦(小麦食用品種)		×						○				

図2-1.食用米麦作業とWCS用稲麦の作業時期



写真2-1. 牧草収穫機械体系によるWCS用稲1番草の収穫調製作業（8月上旬）

2) WCS用稲「夢あおば」乾田直播栽培2回刈り

【目標乾物収量1,000kg/10a】 栽培暦 p.11-12

移植栽培の「夢あおば」WCSは、麦あとも1t/10a以上の乾物実収量が得られますが、肥持ちの悪い乾田直播栽培では収量が低くなります。しかし、麦播種までの雑草対策も兼ねて再生促進し、2回刈りにすると麦あと移植栽培と同等以上の収量が確保できます（図2-2）。2番草の飼料成分は、黄熟期刈りの飼料用品種と同等です（表2-1）。

TDN(可消化養分総量)

飼料中に含まれる家畜(本稿では乳用牛)が消化吸収可能な養分の総量。

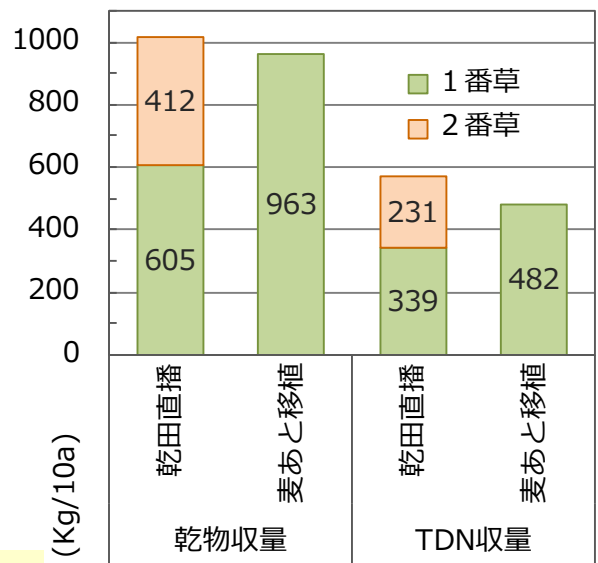


図2-2. 「夢あおば」WCSの実収量

表2-1.「夢あおば」WCSの飼料成分含有率(乾物中%)

区分	CP	粗灰分	粗脂肪	NDF	ADF	TDN
麦あと移植栽培(乳熟初期)	9.0	16.4	3.0	65.1	45.4	50
乾田直播栽培 1 番草(乳熟～糊熟期)	7.6	12.6	3.2	58.3	41.2	56
乾田直播栽培 2 番草(黄熟期)	5.8	13.3	2.6	53.1	38.4	56
飼料用品種(黄熟期) <small>*日本標準飼料成分表 (2009年版)</small>	5.8	14.6	2.4	48.3	31.1	54

CP(粗タンパク質)：タンパク質以外に、アミノ酸、アンモニアなども含まれる。

NDF(中性デタージェント繊維)：飼料中のペクチンを除く繊維分。

ADF(酸性デタージェント繊維)：NDFのうち、ヘミセルロースを除く部分(セルロース、リグニン)。

水はけの良い水田で乾田直播栽培した場合、入水開始してから減水量が落ち着くまでの肥料成分の流亡が多いため、基肥は総窒素施用量の4割程度までとし、入水後の追肥を主体とした施肥体系とします。

湛水状態での追肥施用量が多くなるため、追肥は畦畔や道路から作業できる硫安の水口施用又はばっ気尿の流し込み施用が省力的です(写真2-2)。



写真2-2.省力追肥(硫安水口施用)

1 番草は刈高15cm程度の高刈りにし、収穫後すぐ追肥・入水すると、2番草の再生が促進され、十分な2番草の生育量が得られます(写真2-3)。

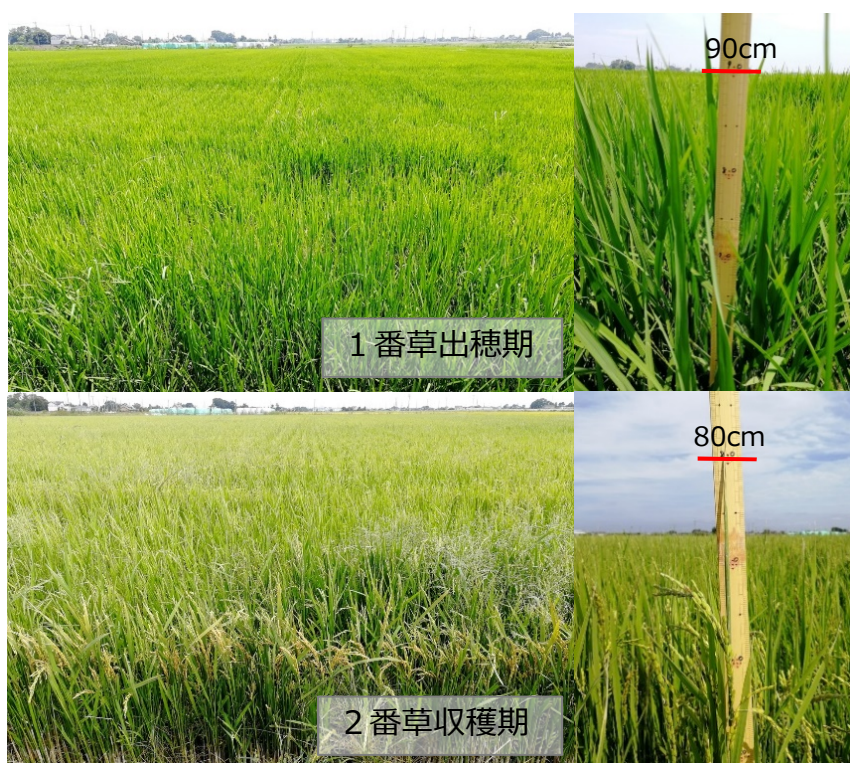


写真2-3.「夢あおば」乾田直播の草姿

3) 水稲あとWCS用麦（小麦食用品種）

【目標乾物収量800kg/10a】 栽培暦 p.13-14

主穀作経営体がWCS用麦を播種する場合、食用麦へのコンタミ防止のため、WCS用麦の播種は最後になります。大麦は晩播適性が低いため、収量確保の面からも小麦が適します(図2-3)。

小麦食用品種の飼料成分は、大麦と同等以上で、特に推定TDNが大麦より高い(表2-2)ため、高いTDN収量が得られます。乳牛の嗜好性も大麦と同等以上で、ライコムギより優れます。

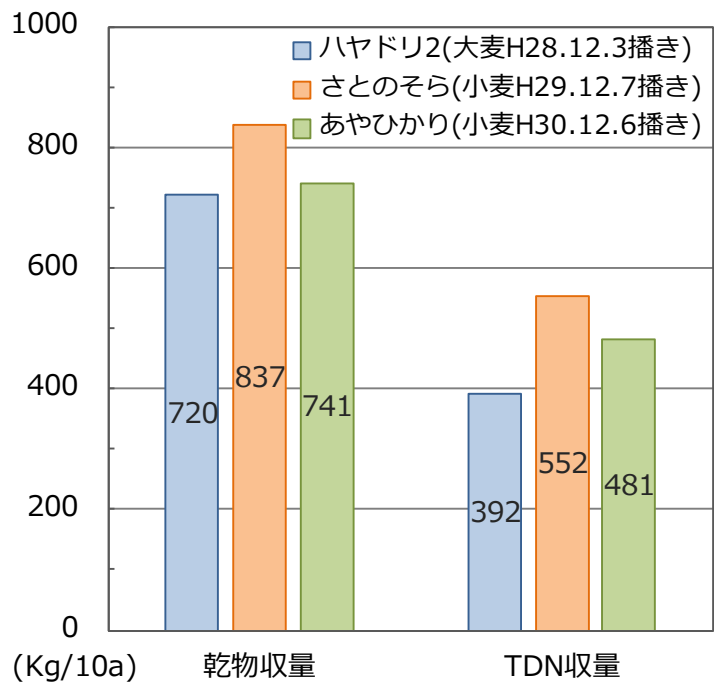


図2-3.12月播種麦類WCSの実収量

表2-2.小麦食用品種WCSの飼料成分含有率(乾物中%)

区分	CP	粗灰分	粗脂肪	NDF	ADF	TDN
食用小麦「あやひかり」(糊熟期)	9.1	6.5	2.7	46.0	31.6	65
食用小麦「さとのそら」(乳熟～糊熟期)	9.2	7.4	2.8	44.2	31.1	66
飼料用大麦「ハヤドリ2」(糊熟期)	7.9	7.4	2.8	56.2	40.3	55
大麦(糊熟期) *日本標準飼料成分表(2009年版)	9.8	10.2	2.9	52.4	34.2	57



写真2-4.「あやひかり」収穫期の草姿



写真2-5.収穫適期(糊熟期)のコムギ子実

WCS用「夢あおば」乾田直播栽培



2回刈り(予乾サイレージ体系)栽培暦

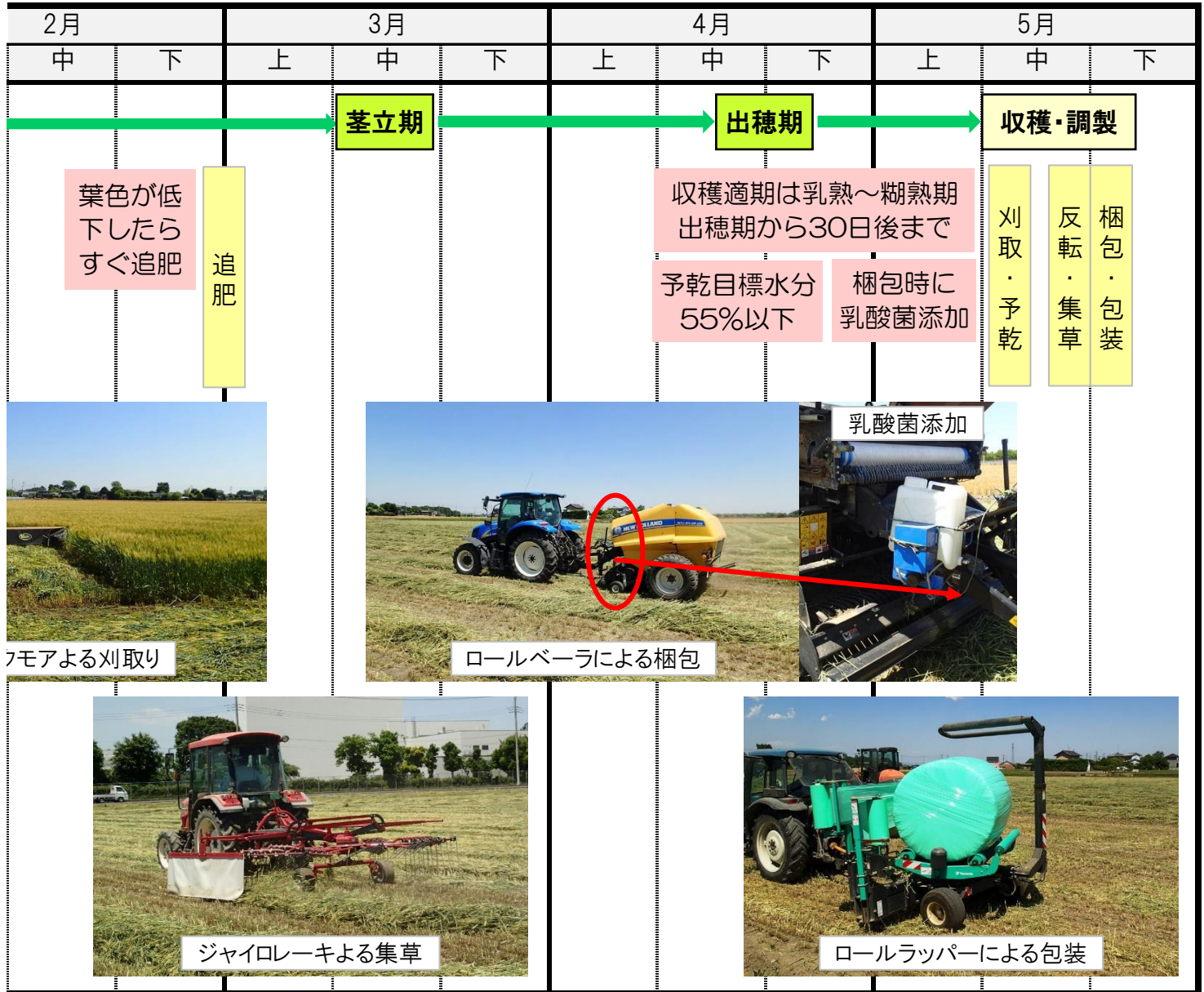
7月		8月			9月			10月			
中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	
出穂期		1番草収穫						2番草収穫			
1番草の収穫適期は乳熟～糊熟期 1番草は刈高15cm		刈取・予乾	反転・集草	梱包・包装 追肥③	(除草剤施用④)	1番草、2番草とも予乾目標水分60%以下 1番草、2番草とも梱包時乳酸菌添加必須			刈取・予乾	反転・集草	梱包・包装
											
地耐力確保のため早めに落水		収穫後再入水(浅水管理)			間断灌水			地耐力確保のため早めに落水			
落水								落水			
耕耘・整地・播種 碎土し、カルチパッカ等で鎮圧する。大碎土後レーザーレベラーで均平化してかき入れの施肥播種機で条間25～30cm、乾糞に播種し、再度鎮圧する。					水管理 ➤ 乾田期茎葉処理剤施用後、入水を開始する。 ➤ 牧草収穫用大型機械作業に対する地耐力を確保するため、入水後30日程度で中干しする。 ➤ 中干し後は間断灌水し、穂ばらみ期を目安に早めに落水する。中干し期に雨が多い場合は、間断灌水せずそのまま落水する。 ➤ 1番草収穫後に再入水し、減水量が落ち着いたら間断灌水にし、圃場の状況を見ながら早めに落水する。						
雑草防除 1液剤200mℓ施用は効果が高いが、薬害で、イネ本葉2葉期以降とする。減水量が落ち着いてから施用する。必要に応じて施用する。					収穫・サイレージ調製 ➤ 1番草の収穫は刈高15cm程度とし、2番草の再生を促進する。 ➤ 1番草は乳熟期～糊熟期に収穫する。 ➤ 1番草、2番草とも原料水分50～60%程度まで予乾し、乳酸菌を添加しながらバールする。						
	薬剤名	使用量									
液剤	ノミニー液剤	200mℓ/10a									
粒剤	ピクトリーZ1キロ粒剤	1kg/10a									
液剤	ワイドアタックSC	100mℓ/10a									
液剤	クリンチャーEW	100mℓ/10a									

農薬(農産部飼料課長通知)を確認してください。ACFinderを使用すると、使用可能な農薬名一覧を作成できます。

水稻あとWCS用コムギ(一)



予乾サイレージ体系)栽培暦



肥量

窒素成分で基肥6割、追肥4割
前に行うが、暖冬時など肥切れ
下が見られたらすぐ追肥する。

施肥例	
肥料14	45kg/10a
肥料14	25kg/10a

ふみ

、最低3回は麦ふみを行う。

病虫害・雑草防除

- 「エンバク」を除く麦類は飼料用として使用可能な農薬がないので、雑草や赤かび病の薬剤防除は不可。
- 雑草は、播種前の耕耘ですき込み処理するとともに、密条播栽培により生育期の発生を抑制する。
- 出穂期頃の降雨等で赤かび病の発生が懸念される場合は、乳熟期までに収穫してDONの生成を抑制する。

収穫・サイレージ調製

- 収穫適期は乳熟期～糊熟期で、出穂期から30日を過ぎると消化率が低下する。
- 原料水分45～55%程度まで予乾し、乳酸菌を添加しながらボールする。

3 ホールクロップサイレージ用トウモロコシの栽培技術

ホールクロップサイレージ用トウモロコシ（以下、サイレージ用トウモロコシ）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も最も重要な飼料作物の一つです。ここでは、サイレージ用トウモロコシの基本的な栽培方法についてご紹介したのち、特に湿害対策技術について解説します。



1) サイレージ用トウモロコシの栽培法概要

サイレージ用のトウモロコシ品種

現在、我が国の都府県ではサイレージ用トウモロコシの市販品種として、**極早生**から**極晩生**の品種が販売されています。地域の気象条件や作付体系に応じて、適品種を選択するようにします（表3-1）。

表3-1. 早晩性の区分と相対熟度（RM）、代表的なRMでの播種～黄熟期の10℃基準有効積算温度の目安、並びに各早晩性の公的育成品種等

早晩性 ¹	相対熟度（RM：日）	播種～黄熟期の有効積算温度(°C) ²	各早晩性の公的育成品種等
極早生	RM105以下	約1,150°C(RM105)	北交65号(RM105)
早生	RM115以下	約1,250°C(RM115)	きみまる(RM110)、タカネスター(RM113)、ゆめちから(RM114)
中生	RM127以下	約1,350°C(RM125)	ゆめそだち(RM125)、タカネフドウ(RM125)、ゆめつよし(RM127)、PI2008(RM127) ³ 、なつむすめ(RM127)
晩生	RM135未満		
極晩生	RM135以上	約1,450°C(RM135)	

¹関東周辺を基準にした早晩性。

²代表的なRMでの播種～黄熟期の10℃基準有効積算温度は『粗飼料・草地ハンドブック』より。10℃基準有効積算温度は目安であり、気象条件等により異なる場合がある。

³農研機構九州沖縄農業研究センターと雪印種苗株式会社との共同育成品種。

主な作付体系

サイレージ用トウモロコシは、都府県では主に**トウモロコシ単作**のほか、**冬作飼料作物との二毛作**、**トウモロコシ二期作**、並びに**トウモロコシとソルガムの混播**などの体系により栽培されます(図3-1)。



図3-1. 都府県におけるサイレージ用トウモロコシの主な作付体系

播種における一般的な作業手順

播種における一般的な作業手順は以下の通りです（図3-2）。



図3-2. サイレージ用トウモロコシの播種における一般的な作業手順

2) サイレージ用トウモロコシ栽培の技術的ポイント

【播種】

- ◆ 播種適期は、**日平均気温が約10℃**（ソメイヨシノの満開期）に達した時期以降です。
- ◆ 都府県向け市販品種の**10a当たりの最適栽植本数**は品種により**6,000～8,000本前後**で、畦幅70～80cm、株間15～20cmで播種する 경우가一般的です。病虫害、鳥害等による欠株を考慮し、最適栽植本数よりもやや（10%程度）多めの播種が推奨されます。

【施肥】

- ◆ 都府県の一般的な土壌においてサイレージ用トウモロコシを**化学肥料のみで栽培する場合、肥料成分の10a当たりの必要量は窒素(N)20kg、リン酸(P₂O₅)18kg、カリ(K₂O)20kg**です。この必要量を化学肥料と堆肥を組み合わせるよう供給するようにします（表3-2）。

表3-2. 牛ふん堆肥と化学肥料を組み合わせる場合の計算例

堆肥施用量 (牛ふん堆肥)	堆肥からの養分供給量					トウモロコシ への必要量 (kg/10a)	化学肥料 必要量 (kg/10a)
	成分	成分含有率 (乾物中%)	10a当たり 成分施用量 (kg/10a)	肥効率 (%)	肥効率考慮後 施用量 (kg/10a)		
現物 2t/10a	N	1.9	17.2	30	5.2*	20	14.8
水分 54.8%	P ₂ O ₅	2.3	20.8	60	12.5	18	5.5
乾物 904kg/10a	K ₂ O	2.4	21.7	90	19.5	20	0.5

*：堆肥から供給される窒素は必要量の3割を超えないことが望ましい（代替率の上限）。
須永（2014）『草地管理指標－飼料作物生産利用技術編－』を基に作成。

【雑草防除】

- ◆ 雑草防除を確実にを行うためには、播種直後の**土壌処理剤**と生育期の**茎葉処理剤**を組み合わせることが重要です。

（参考資料）http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/046607.html
佐藤（2013）「夏作飼料作物における帰化雑草の発生実態調査報告書」（農研機構畜産研究部門技術リポート（ISSN 2432-6615））

【収穫適期】

- ◆ サイレージ用トウモロコシの収穫適期は、単位面積当たりの栄養収量が最大となる**黄熟期**です。雌穂の**ミルクラインが5前後**となる時期を収穫適期の目安とします（図3-3）。

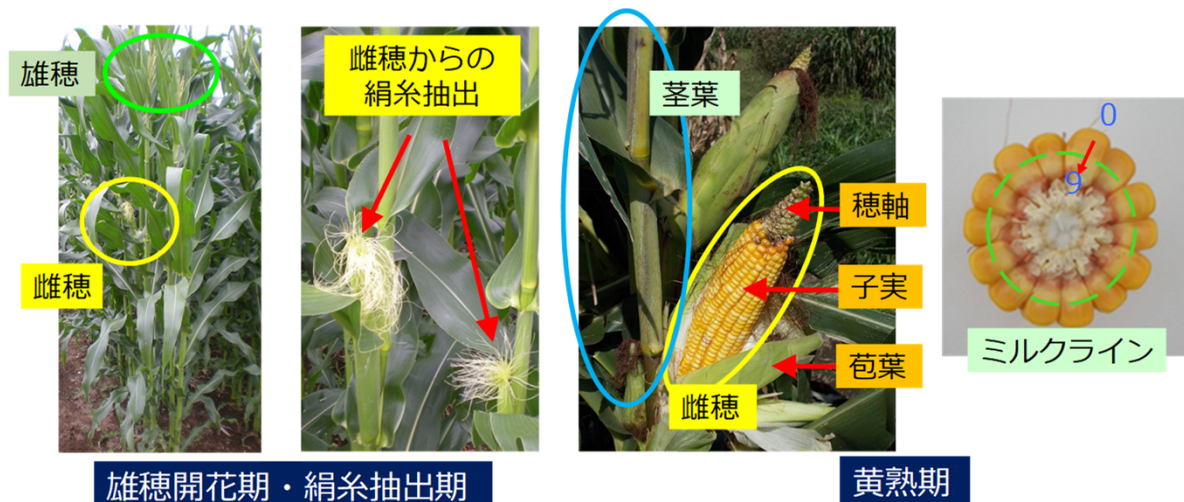


図3-3. サイレージ用トウモロコシの開花期・絹糸抽出期と黄熟期

3) サイレージ用トウモロコシの湿害対策技術

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**である圃場が推奨されます(表3-3)。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、圃場の排水対策が必要となります(表3-4)。

表3-3. 圃場の排水程度と主要な適草種

排水程度	主要な適草種
不良	飼料用イネ、キシウスズメノヒエ
やや不良	ヒエ、ケイヌビエ、オオクサキビ、ハトムギ、カラードギニアグラス、リードカナリーグラス
普通	シコクビエ、イタリアンライグラス、混播牧草、ローズグラス、青刈りソルガム、ギニアグラス
良好	サイレージ用トウモロコシ サイレージ用麦

農林水産省(1987)「水田農業確立のための技術指針」より。

表3-4. 水田転換畑の主要な排水対策

対象	手段・経路	対策技術
広域地区ブロック	圃場整備	ゾーニング、畦畔・用水路撤去
	自然排水	排水路
	機械排水	ポンプ排水
圃場	地表排水(表面排水)	排水口、明渠、田面・耕盤の均平、田面の傾斜、畝立て栽培
	地下排水(暗渠排水)	本暗渠、補助暗渠(弾丸暗渠、心土破碎、簡易暗渠)

農業技術事典(lib.ruralnet.or.jp/nrpd/)の「排水対策」を基に作成。

耕うん同時畝立て播種とは

- ◆ 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3-4)。
- ◆ 種子が高い位置に播種されるため湿害を受けにくく、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、並びに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3-4. 耕うん同時畝立て播種機の構造(上)および3条用の耕うん同時畝立て播種機(下)

4) 高速耕うん同時畝立て播種と施肥による湿害対策

経営体強化プロジェクト（府県自給飼料）では、栃木県大田原市の営農圃場において耕うん同時畝立て作業の高速化を図った高速耕うん同時畝立て播種、並びに施肥管理によるトウモロコシの湿害軽減に関する実証試験を行いました。ここでは、その結果についてご紹介いたします。

高速耕うん同時畝立て播種

前項で述べた従来の耕うん同時畝立て播種機は、耕うん部にアップカットロータリを用いているため、耕うん・播種作業のスピードが遅いことや石礫の多い圃場では耕うん・畝立てができないことなどが課題となっていました。このため、**縦軸型ハローと真空播種機**を組み合わせた耕うん同時播種機に**畝立て板**を取り付ける**高速耕うん同時畝立て播種技術**が開発されました（図3-5）。

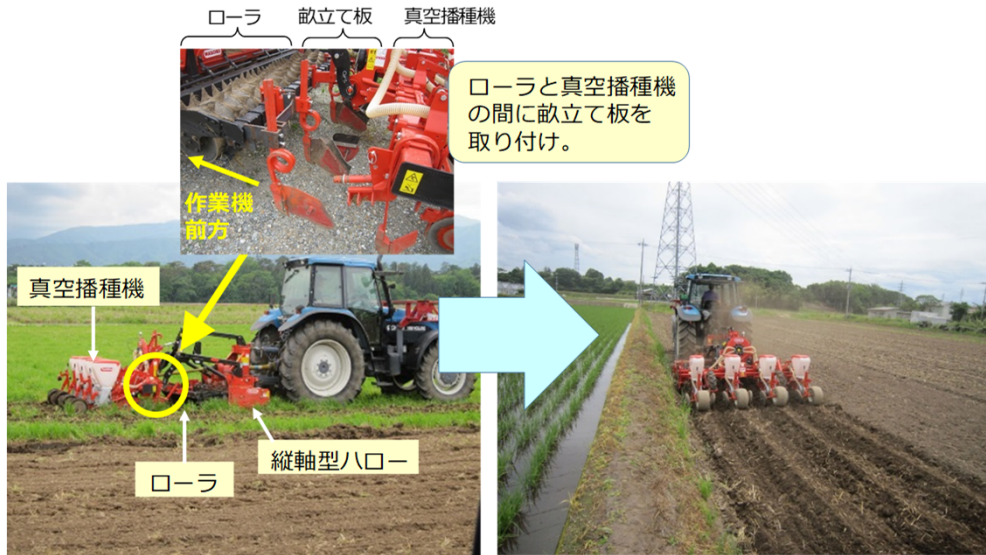


図3-5. 高速耕うん同時畝立て播種機

高速耕うん同時畝立て播種による湿害軽減

高速耕うん同時畝立て播種により、生育期間中の20%の期間が地下水位-20cm以上となる過湿な条件において、トウモロコシの乾物収量が21%増加するという結果が得られました（図3-6）。

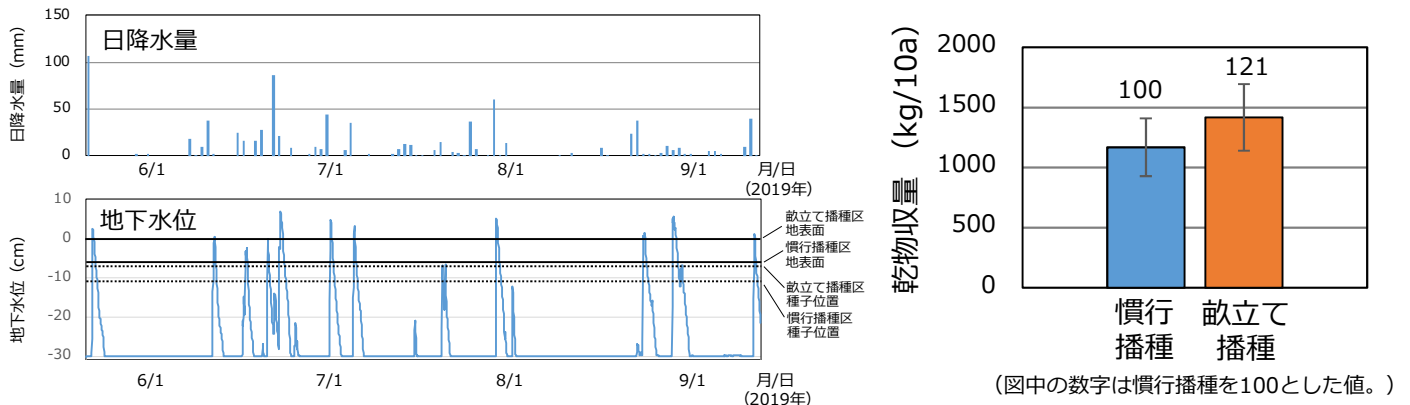


図3-6. 湿害が発生した試験区における地下水位の推移（左）と高速耕うん同時畝立て播種による増収効果（右）（地下水位は畝立て播種区地表面を基準に表示。）

！ 耕うん同時畝立て播種技術の適用上の留意点

耕うん同時畝立て播種技術は湿害を軽減するために非常に有効な技術ですが、その適用にあたっては、以下のような点に留意する必要があります。

- 慣行播種に比較して、耕うん同時畝立て播種では**鎮圧が弱くなるためトウモロコシがやや倒伏しやすくなる**などの欠点があります。
- 鎮圧が畝の上部のみで、畝間は鎮圧が行われなため、**除草剤（土壌処理剤）が効きにくくなる場合があります。**
- 以上のようなことから、**湿害が発生しない圃場での耕うん同時畝立て播種は避ける**ようにします。

施肥管理による湿害軽減

圃場の湛水等による窒素等の土壤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。このため、図3-6に示した過湿な条件において、**基肥として事前に尿素により10a当たり10kgの窒素を施用することで、湿害の軽減が可能な**ことを明らかとしました（図3-7）。

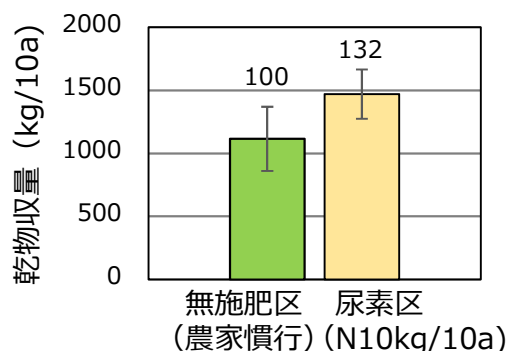


図3-7. 尿素施用（基肥）の増収効果
(図中の数字は無施肥区を100とした値。)

湿害軽減技術の経済性

畝立て播種および施肥による生産費の低減効果を明らかにするため、図3-6および図3-7の事例について、TDN1kg当たりの生産費の低減効果を試算しました。その結果、図3-6の事例では、畝立て播種により**TDN1kg当たりの生産費は、縦軸型ハローと播種機を所有している場合は18%、それらの機械を新規に購入する場合は2%低減**すると試算されました（図3-8左）。また、図3-7の事例では、**尿素施肥によりTDN1kg当たり生産費は20%低減**すると試算されました（図3-8右）。

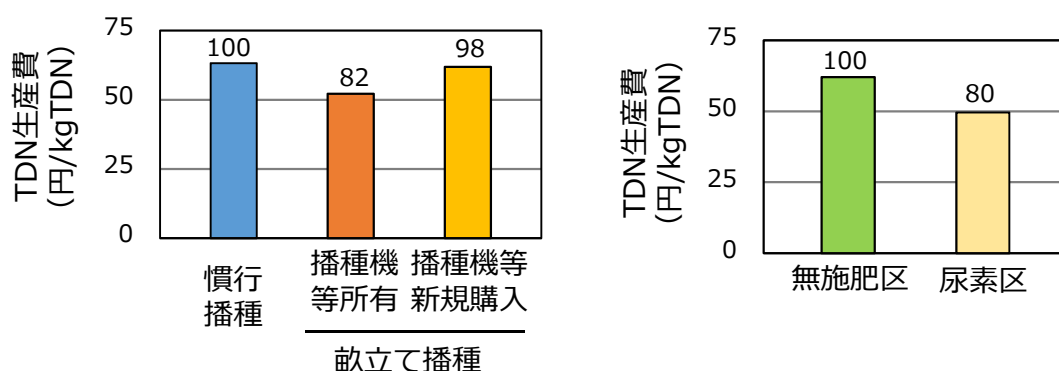


図3-8. 畝立て播種（左）および尿素施肥（右）によるTDN生産費低減効果の試算
図中の数字は慣行播種および無施肥区を100とした値。

- ・ 慣行播種区では10a当たり生産費を畜産物生産費統計のデントコーン（都府県）38,414円と仮定。畝立て播種区では縦軸型ハローと真空播種機（合計500万円）を新規購入すると仮定し、耐用年数7年、利用面積10haで計算。
- ・ 無施肥区の10a当たり生産費は畜産物生産費統計のデントコーン（都府県）38,414円から化学肥料費2,453円を差し引いた35,961円と仮定。尿素区は尿素（N46%）1,800円/20kgで計算。

執筆者一覧

	執筆者	所属機関
はじめに	野中 和久	農研機構中央農業研究センター
1 飼料用米の栽培技術	山口 弘道 (編集責任者)	農研機構中央農業研究センター
	木村 俊之	農研機構食品研究部門
	草 佳那子	農研機構本部
2 ホールクroppサイレーヅ用稲麦二毛作の栽培技術	大宅 秀史	埼玉県農業技術研究センター
	佐竹 吉人	埼玉県農業技術研究センター
3 ホールクroppサイレーヅ用トウモロコシの栽培技術	菅野 勉	農研機構畜産研究部門
	須永 義人	農研機構畜産研究部門
	赤松 佑紀	農研機構畜産研究部門
	住田 憲俊	農研機構中央農業研究センター
	川地 太平	農研機構畜産研究部門
	森田 聡一郎	農林水産省農林水産技術会議事務局

本手引きは、主に農研機構生研支援センター「革新的技術開発・緊急展開事業（うち経営体強化プロジェクト）」の支援を受けて実施した「府県における自給飼料生産利用技術の開発と実証」の研究成果を基に作成したものです。複製、転載などの利用に当たっては事前に経営体（府県自給飼料）コンソーシアム（農研機構中央農業研究センター）の許可を得て下さい。

**水田飼料作を基盤とする資源循環型牛乳・牛肉生産の
手引き —水田を活用した飼料生産技術編—**

発行日：令和2年3月19日

編集：山口 弘道（農研機構中央農業研究センター）

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
中央農業研究センター**

TEL：029-838-8481／FAX：029-838-8484

Web問い合わせフォーム：

**[http://www.naro.affrc.go.jp/laboratory/carc/
inquiry/](http://www.naro.affrc.go.jp/laboratory/carc/inquiry/)**

印刷：株式会社 近代工房