

水田転換畑における 子実用トウモロコシ栽培の 高速作業体系標準作業手順書 (東北地方版)

公開版



改訂履歴

版数	発行日	改訂者	改訂内容
第1版	2022年4月27日	川口 健太郎	初版発行

2022年6月28日版

目次

はじめに	1
免責事項	2
I. 本技術の概要と特徴	3
1. 東北地域の水田転換畑におけるプラウ耕体系とスナッパヘッドによる高速作業体系	3
2. 栽培暦	6
II. 水田転換畑における子実用トウモロコシの高速作業体系の作業手順	8
1. 子実用トウモロコシの栽培手順	8
(1) 品種の選定、種子の準備	8
1) 品種の選定	8
2) 種子の準備	8
(2) 圃場選び・排水対策	9
1) 圃場選び	9
2) 排水対策	9
(3) 堆肥・化成肥料散布	12
1) 堆肥の散布機械	12
2) 堆肥の散布量	12
3) 化学肥料散布	13
(4) 耕起・播種床造成	14
1) 耕起	14

2) 播種床造成	.....	14
(5) 播種	.....	15
1) 播種時期	.....	15
2) 裁植密度	.....	16
3) 播種機	.....	16
3) -1 目皿式播種機	.....	16
3) -2 真空播種機	.....	17
3) -3 その他の播種機	.....	17
(6) 除草剤散布	.....	18
(7) プラウ耕体系で栽培した子実用トウモロコシの特性	.....	20
1) プラウ耕体系が生育量と栄養状態に与える影響	.....	20
2) プラウ耕体系が子実収量に及ぼす影響	.....	21
3) プラウ耕による耐倒伏性の向上	.....	24
3) -1 プラウ耕体系が根長密度と土壌硬度に与える影響	.....	25
3) -2 プラウ耕体系がトウモロコシの耐倒伏性に与える影響	.....	26
3) -3 台風被害を受けた農家圃場における耐倒伏性の向上	.....	26
3) -4 台風被害を受けた農家圃場における収量の向上	.....	26
2. 収穫、残穢処理	.....	32
(1) スナッパヘッドの特徴	.....	32
1) 外国製の大型汎用コンバイン	.....	32
2) 国産汎用コンバインによるリールヘッド式の子実用トウモロコシ収穫技術開発	.....	32

3) 小型スナッパヘッドの導入	.....	32
4) スナッパヘッドの特徴	.....	34
5) 収穫時期	.....	34
(2) 収穫精度	.....	35
(3) 残穢処理	.....	36
(4) 調製方法	.....	37
1) 乾燥調製	.....	37
2) サイレージ調製	.....	38
3. 東北北部における子実用トウモロコシの高速作業体系による栽培事例	.....	39
(1) 岩手県花巻市における事例	.....	39
(2) 岩手県紫波町における事例	.....	41
Ⅲ. 水田転換畑における子実用トウモロコシの高速作業体系の導入手順、想定される導入先		45
1. 水田転換畑における子実用トウモロコシの導入手順	.....	45
(1) 実需先の確保	.....	45
(2) 実需先に合わせた調製・保管	.....	45
(3) 調製方法を乾燥とした場合の面積拡大方法	.....	46
(4) 作期の選定	.....	47
2. 想定される導入先	.....	48
(1) 大規模経営体や畑作物を導入した輪作体系を行っている経営体	.....	48
(2) 現状の労働力で増え続ける農地を維持する場合	.....	48
(3) 中山間地域で増え続ける遊休農地を生産基盤として維持する場合	.....	49

(4) 連作障害回避等を目的として輪作体系における新たな作目として導入する場合…	49
IV. 技術の導入手順	50
参考資料	52
担当窓口、連絡先	54

はじめに

食生活の変化により米需要は年々減少し、それに伴い水稲作付面積も減少し続けています。一方、トウモロコシの子実（子実用トウモロコシ）は、飼料やコーンスターチなどの原材料として我が国の畜産業、食品産業を支える重要な穀類です。しかし、国内生産はほとんど行われておらず、日本は毎年 1400 万 t 以上を海外に依存する子実用トウモロコシの輸入大国となっています。このような現状を受けて近年、余剰水田の有効利用と食料自給率の向上を同時に図ることができる作目として、水田転換畑での子実用トウモロコシ生産が注目されはじめ、栽培が広がりつつあります。

子実用トウモロコシは、完熟前に茎葉ごと収穫するホールクroppサイレージ用トウモロコシとは異なり、完熟して子実水分が低下した後、子実のみを収穫する作物なので（尾崎 2015）、子実の収穫に必要な汎用コンバインを有する耕種農家への導入が前提となります。また、耕起作業に用いる作業機や播種機、収穫機、乾燥機は大豆と汎用利用が可能なことから大豆との輪作で規模拡大すれば低コスト化でき、かつ水稲や大豆、麦類と比較して栽培管理が少なく、省力管理が可能であることから新規転作作物として期待されています。

1960 年代以降、我が国の水田農業ではロータリ耕が慣行耕起法として定着しましたが、近年、より作業速度の速いプラウ耕が水田農業でも用いられるようになり、水稲栽培では、プラウ耕鎮圧体系乾田直播（参照：乾田直播栽培体系標準作業手順書）が北海道や東北地域を中心に拡大しつつあります。そこで、この乾田直播体系を中心とした水田輪作に子実用トウモロコシを取り入れることを前提に、プラウと高速高精度に播種できる真空播種機を利用することによる播種床造成・播種体系（本手順書ではこれをプラウ耕体系と称します）を開発しました。

日本国内で最も子実用トウモロコシの栽培面積が多い北海道では（2022 年時点）外国製の普通コンバインが用いられる場合が多いですが、東北地域の水田区画では外国製の大型汎用コンバインを使用できる圃場が限られ、国産汎用コンバインでも子実用

トウモロコシを収穫できる技術が求められました。東北地域での子実用トウモロコシ栽培の拡大を受けて、国内農機メーカーからは、その収穫に対応した汎用コンバインが市販化されましたが、これらは、水稻、麦、大豆用と同じ型式のリールヘッドを装着した機種でした。リールヘッド式では、子実と茎葉を一緒に刈り取り、こぎ胴に送り込んだ後に子実のみを選別・収穫するため、茎葉の量が多い子実用トウモロコシでは、機械への負荷が大きく、迅速な収穫ができませんでした。そこでリールヘッド式に代わり、子実が実る雌穂だけをヘッド部で分離してこぎ胴に送り込むことのできる子実用トウモロコシ専用ヘッド（スナッパヘッド）を装着した国産汎用コンバインを用いた収穫体系を開発し、前述のプラウ耕体系と組み合わせて、子実用トウモロコシの播種～収穫にわたる高速作業体系を確立しました。

子実用トウモロコシ栽培と収穫した子実のサイレージ調製（フレコンラップ法）の詳細はそれぞれ「子実用トウモロコシ生産・利用の手引き（都府県向け）第1版」と「粃米サイレージ調製の高能率化技術—無破碎・無脱気法ならびにフレコンラップ法—標準作業手順書」に記載されていますので、詳しくお知りになりたい方はそちらをご参照頂き、本手順書では、都府県の水田転換畑において子実用トウモロコシをプラウ耕体系とスナッパヘッドを用いた高速作業体系により栽培する際の手順について解説しています。本手順書が水田転換畑における子実用トウモロコシの面積拡大につながれば幸いです。

■ 免責事項

- 農研機構は、利用者が本手順書に記載された技術を利用したこと、あるいは技術を利用できないことによる結果について、一切責任を負いません。
- 本手順書に記載された栽培・作業暦に示したスケジュールは岩手県盛岡市、花巻市、紫波町における例であり、地域や気候条件等で変動することにご留意ください。

I. 本技術の概要と特徴

1. 東北地域の水田転換畑におけるプラウ耕体系とスナッパヘッドによる高速作業体系

都府県の水田転換畑で導入が可能なプラウ耕体系とスナッパヘッドによる子実用トウモロコシの高速作業体系を開発しました。本技術（高速作業体系）の導入により、耕起、播種、収穫に要する時間を短縮できます。また、慣行法であるロータリ耕体系（従来体系）より耐倒伏性に優れていることから、収穫ロスの減少による収量増が見込まれます。

図 1-1 に従来作業体系と比較した高速作業体系の概要を、表 1-1 にロータリ耕体系とプラウ耕体系の作業時間を比較した結果を示します。高速作業体系では、慣行法であるロータリ耕に代わり、プラウ耕鎮圧体系乾田直播等で用いられているプラウ耕体系（チゼルプラウで粗起後にパワーハローで碎土する体系）で耕起します。チゼルプラウ耕体系は、チゼルプラウによる高速耕起が可能であり、その後のパワーハローによる碎土を含めても耕起に費やす時間をロータリ耕と比較して 74%短縮できます。播種にはロータリシーダに代わり真空播種機を用いることで播種に必要な時間を 63%短縮できます（図 I-1・表 I-1）。耕起と播種に要する時間が短縮されることで、プラウ耕体系全体ではロータリ耕体系と比較して 10a あたりの全体の作業時間は 1.36 時間（36%）短縮されます（表 I-1）。

また、収穫ではリールヘッドに代わり、子実用トウモロコシ専用収穫機のスナッパヘッドを装着することで収穫に要する時間を約 25%短縮できると推定されます(図 I-1)。

プラウ耕体系を導入しても子実用トウモロコシの生育と子実収量はロータリ耕体系と同程度に維持されます。一方、耐倒伏性はロータリ耕体系よりプラウ耕体系で向上することから、台風・豪雨等の気象変動が発生した場合には、この倒伏防止効果により、収穫ロスの

減少、収穫作業の効率化、収量増が見込まれます。

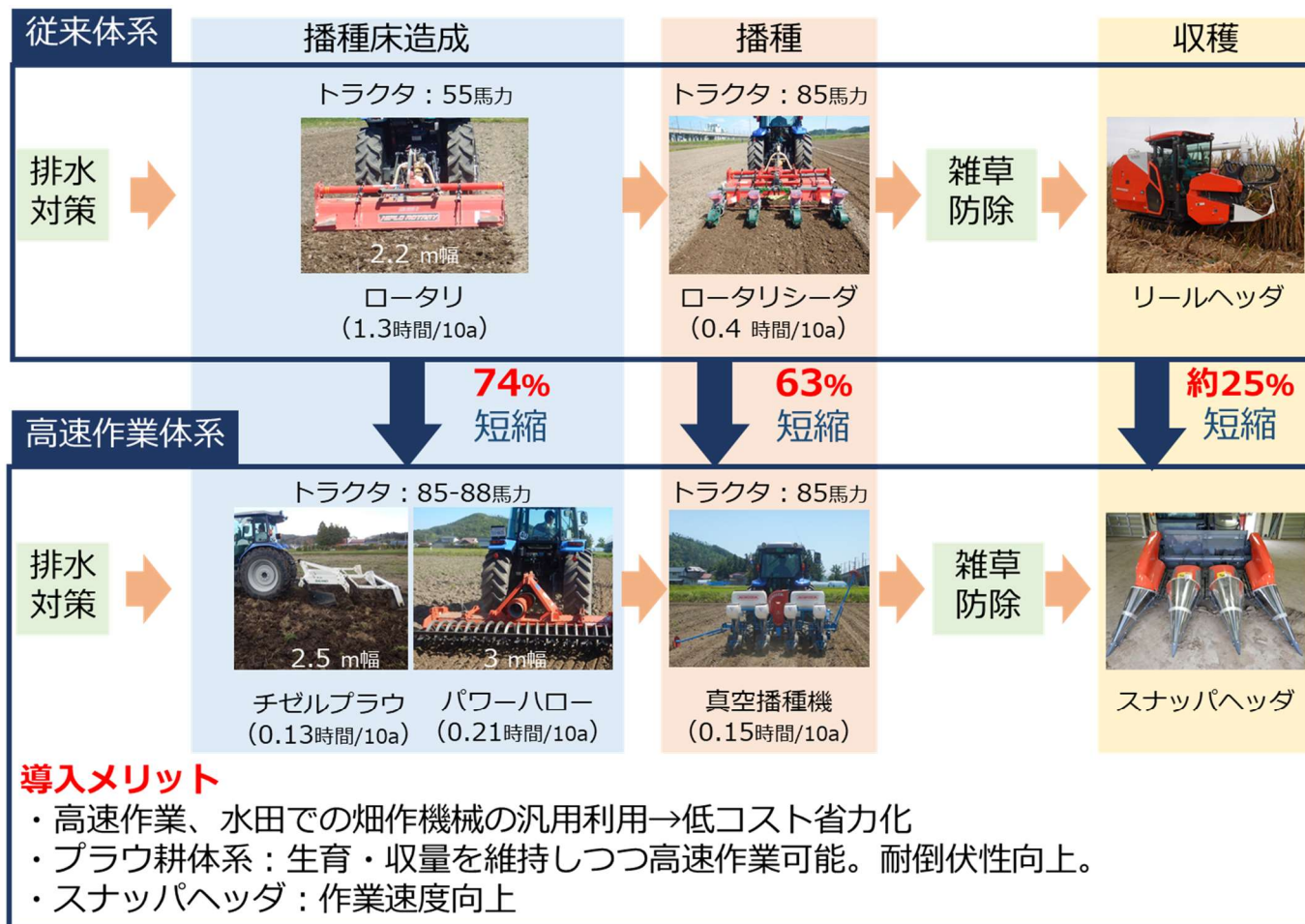


図 I -1 水田転換畑における子実用トウモロコシの高速作業体系

試験に用いた圃場面積は従来体系（ロータリ耕体系）55.5a、高速作業体系（プラウ耕体系）60.2aである。播種床造成と播種の作業時間は、2017年に岩手県花巻市の農家圃場の水田転換畑（細粒質普通停滞水グライ土、前作：水稻）における実測値である。収穫に要する作業時間は、東北地域において、リールヘッド・スナツパヘッドの平均作業時間からの推定値である。作業時間は、圃場に入ってから作業が終わるまでの合計値。作業機の換装や圃場までの移動時間は含まない。

表 I -1 ロータリ耕体系とプラウ耕体系の延作業時間の比較

(単位：時間/10a、人)

作業日	ロータリ耕体系			
	作業	作業時間	作業人数	延作業時間
11月21日	排水対策（サブソイラ）	0.23	1	0.23
4月28日	堆肥散布	0.47	1	0.47
5月19日	施肥	0.04	1.5	0.06
5月19日	耕起	0.62	1	0.62
5月21日	耕起	0.69	1	0.69
5月22日	排水対策（明渠）	0.06	1	0.06
5月29日	播種	0.34	1	0.34
5月29日	除草剤散布	0.09	2	0.18
7月5日	除草剤散布	0.08	2	0.16
10月10日	収穫作業	0.45	2	0.91
11月13日	茎葉処理	0.11	1	0.11
		-	-	3.82

- 1) 試験は55.5aの圃場で実施した。
- 2) 収穫までの作業時間であり、実証試験での実測値を示した。
- 3) ロータリ耕体系の収穫作業は、倒伏により一般的なデータではないためプラウ耕体系の収穫作業時間を用いた。
- 4) 畦畔管理に係る時間は含まない。

(単位：時間/10a、人)

作業日	プラウ耕体系			
	作業	作業時間	作業人数	延作業時間
11月21日	排水対策（サブソイラ）	0.18	1	0.18
4月28日	堆肥散布	0.35	1	0.35
4月28日	耕起	0.13	1	0.13
5月19日	施肥	0.04	1.5	0.06
5月19日	碎土整地	0.21	1	0.21
5月22日	排水対策（明渠）	0.06	1	0.06
5月29日	播種	0.15	1	0.15
5月29日	除草剤散布	0.08	2	0.17
7月5日	除草剤散布	0.07	2	0.14
10月25日	収穫作業	0.45	2	0.91
11月13日	茎葉処理	0.11	1	0.11
		-	-	2.46

- 1) 試験は60.2aの圃場で実施した。
- 2) 収穫までの作業時間であり、実証試験での実測値を示した。
- 3) 畦畔管理に係る時間は含まない。

2017年に岩手県花巻市の水田転換畑（細粒質普通停滞水グライ土、前作：水稻）で子実用トウモロコシを試験栽培した際のロータリ耕体系（上段）とプラウ耕体系（下段）の10aあたりの延べ作業時間を比較した。ロータリ耕体系とプラウ耕体系の圃場は隣接している。耕起と播種作業に用いた機械は図 I -1 と同型。収穫作業は、ロータリ耕体系とプラウ耕体系ともにリールヘッドを装着した国産汎用コンバイン（101馬力）で行った。宮路ら(2020)「国産子実用トウモロコシの生産に係る費用と定着に向けた課題-現地実証試験における評価から-」農業経営研究 58: 9-14 から引用。

2. 栽培暦

東北北部における1年間の栽培の流れを図 I -2 に示しました。

- ・子実用トウモロコシは湿害に弱く、播種前に排水性を確保しておくことが極めて重要です。本暗渠が施工されている圃場で栽培するのが望ましく、さらに状況に応じて、心土破碎、弾丸暗渠、額縁明渠などの営農排水対策を実施します。
- ・排水対策が終わったら堆肥を散布しますが、排水対策や堆肥の散布には多くの作業時間を要しますので、農繁期に入る前に済ませておきます。前年の秋でもかまいません。
- ・化成肥料は、施用後、時間の経過とともに肥効が低下するので、耕起・播種床造成の直前に全層施用または播種と同時に側条施用します。
- ・播種の早限は、東北北部では、発芽限界温度からみると5月上旬ですが、5月中旬まで遅らせた方が安定した発芽・初期生育が得られます。播種の晩限は、早生品種ほど遅くなりますが、6月中旬までに播種しないと完熟期に達しません。
- ・化成肥料散布～播種床造成・播種実施期において作業ピークが形成されるので、本手順書で紹介するプラウ耕体系による播種床造成・播種作業の迅速化が威力を発揮します。
- ・除草剤は、播種後の土壌処理剤と生育途中の茎葉処理剤の2回散布とします。
- ・生育が足りない場合は、必要に応じて第4～6葉期頃に追肥をします。
- ・茎葉処理剤散布以降10月の収穫まで作業がなく、播種後の管理作業が少ないことが子実用トウモロコシの最大の利点です。管理作業の少なさは、実証試験における栽培暦でご確認頂けます（表 II -6、II -8）。
- ・収穫後には他の作物よりも多くの茎葉残渣が残るため、トリチュレータやフレールモア等の作業機械で残程を処理する必要があります。残渣の多さは、土壌へ還元される有機物の多さを意味し、この特性を重視して子実用トウモロコシを導入する耕種農家も多くみられます。



図 I - 2 東北北部における 1 年間の栽培の流れ

矢印のうち、実線は、東北地域で想定される主な作業時期。破線は、年次や地域により作業を早めることができる場合の作業時期。

Ⅱ. 水田転換畑における子実用トウモロコシの 高速作業体系の作業手順

1. 子実用トウモロコシの栽培手順

(1) 品種の選定、種子の準備

1) 品種の選定

現時点において子実用トウモロコシ専用の品種を日本では入手できませんので、ホールクroppサイレージ用品種が流用されています（例：東北北部では主に相対熟度（RM）が105～118の中生品種が多く使われています）。各地域で栽培可能なホールクroppサイレージ用品種は種苗会社や地域の指導機関にご確認ください。ただし、ホールクroppサイレージ用品種は黄熟中期の収穫を前提に品種が選定されています。したがって、黄熟中期から2～4週間後の完熟期に収穫する子実用トウモロコシでは、ホールクroppサイレージ用の適品種より少し早生の品種を選択した方がよい地域もあります。

2) 種子の準備

購入種子には予め、殺菌剤が塗布されていますが、鳥害や雑菌感染を防止するためチウラム水和剤（商品名：キヒゲン R-2 フロアブル）を塗布します。ただし、購入した種子に塗布されている殺菌剤については予めご確認ください（種子の袋に書かれています）。また、タネバエやハリガネムシ類の被害が懸念される圃場の場合は、チアメトキサム水和剤（商品名：クルーザー-FS30）を塗布します。実際の農薬使用にあたっては、必ず個々の農薬の登録内容をラベルでご確認下さい。また、当該農薬を初めて使用するに当たっては、あらかじめ指導

機関の指導を受けて下さい。必要に応じて、農薬登録情報提供システム (<https://pesticide.maff.go.jp>) をご確認ください。

(2) 圃場選び・排水対策

1) 圃場選び

子実用トウモロコシは湿害に弱い作物なので、排水性が悪い圃場を選定すると減収する可能性が高くなります。図 II-1 は、2020 年と 2021 年における岩手県紫波町の水田転換畑での子実用トウモロコシの収量を示したのですが、湿害の発生した圃場では収量減少が認められます。湿害を防止するためには、本暗渠の施工などの抜本的な排水対策が重要であり、本暗渠が施工され、排水性に優れた圃場を選定することが望ましいです。また、隣接する水田から漏水があると、排水対策の効果が減弱するので、これを防ぐため畦畔の嵩上げ・強化などの対策が行われていることも重要です。

2) 排水対策

上記のように、湿害はトウモロコシの減収要因になるため、水田転換畑でトウモロコシを栽培する場合は、水田転換畑で栽培する他の畑作物（大豆、麦類、飼料作物）と同様の排水対策を実施する必要があります。子実用トウモロコシも他の畑作物と同様に団地化を図り、ブロックローテーションに組み込むことで、圃場区画全体での排水対策につながるだけでなく、作業性の向上も期待できます。

本暗渠が十分に機能していない圃場や、暗渠が施工されておらず排水性が悪い圃場を利用せざるを得ない場合には、前年の秋もしくは春先に排水対策を実施します。農家で実施可能な排水対策として、明渠、サブソイラを用いた心土破碎や弾丸暗渠、また、浅層暗渠施工器を用いた簡易有材暗渠（参照：技術紹介パンフレット「トラクタで利用できる浅層暗渠施工器改訂版～暗渠の施工と排水機能の維持管理～」https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/files/tractor_to_install_underdrain.pdf）、カットドレーンを用いた穿孔暗渠（「カットシリーズ」を用いた営農排水施工技術標準作業手順書 https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/files/SOP20-013K20201207.pdf）などの技術が確立されています。

また、播種前後の排水対策として、溝掘機等を用いた額縁明渠や圃場内明渠の施工も有効です（図Ⅱ-2）。ただし、明渠を施工する場合は、排水経路を考慮して明渠を排水口に繋げ、特定の場所に水が集中・停滞するのを防ぎます。

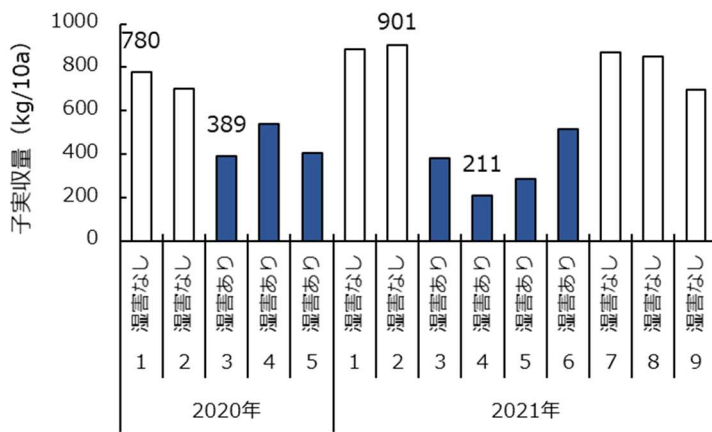


図 II -1 湿害による減収程度（左）と湿害による生育不良（右）

岩手県紫波町の水田転換畑における2カ年の収量。同じ数字は同一圃場を示している。当該圃場のトウモロコシ品種は 34N84、土壌は典型下層台地多湿黒ボク土。右の写真は、2021年6月30日の圃場番号3の様子（播種後47日）の様子。圃場全体の生育が揃っておらず、写真右奥の生育と比較して、写真手前および中心の生育は湿害により生育不良である。



サブソイラ



額縁明渠



圃場内の明渠

図 II -2 排水対策に使用する農機具と圃場内の明渠

(3) 堆肥・化成肥料散布

1) 堆肥の散布機械

耕種農家が畜産農家と連携して子実用トウモロコシを栽培する場合には土作りや地力増強、地域資源の有効活用という観点から堆肥の施用が望ましいです。堆肥を施用する場合は、前年の秋もしくは春先に散布します。また、堆肥の散布を効率的に行うためには、マニユアスプレッダの利用が必須となります。マニユアスプレッダには、牽引式と自走式があります（図Ⅱ-3）。牽引式はトラクタの PTO 動力を用いて散布するので、大容量で作業速度も速いですが、小回りが利かないので狭小圃場の作業には向きません。逆に自走式は簡便で小回りが利きますが、積載容量が小さく散布速度も遅いので、大規模圃場には向きません。畜産農家と連携する場合に、堆肥の散布も含めた契約を結ぶのが現実的な選択です。

2) 堆肥の散布量

堆肥の施用量は、各都府県の飼料用とうもろこしの施肥基準に準じてください。堆肥を施用すれば化成肥料の投入量を削減することができます。10a における削減量は、水分 50%の牛糞堆肥の場合 1 t 当たり、窒素として 2kg 程度、リン酸として 5kg 程度、カリとして 7kg 程度が大まかな目安となります。ただし、堆肥の肥効は複数年にわたり継続するので連年施用した場合には削減可能な化成肥料の量は徐々に増加していきます（参照：「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〉の 11 ページ」<https://www.naro.go.jp/pu>

blicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/134736.html) 。

堆肥による化成肥料の削減可能量については、指針が作成されている都府県もありますので、地域の指導機関にご確認ください。

子実用トウモロコシは吸肥力が強く、他の土地利用型作物である水稻や大豆、麦類より多くの堆肥を投入することができます。土作りの観点からも堆肥を投入した栽培が望ましいですが、堆肥の入手が困難な場合には、化成肥料だけでも十分に栽培できます。



牽引式マニユアスプレッダ



自走式マニユアスプレッダ

図Ⅱ-3 堆肥散布作業の様子

3) 化学肥料散布

堆肥散布が終わったら化成肥料を散布します。基肥としては、窒素成分で 10～15kg/10a が大まかな目安となりますが、適正施肥量は、施用方法（全層施用もしくは側条施用）や堆肥投入量により異なりますので、メーカーや地域の指導機関にご確認ください。化成肥料の施用法としては、ブロードキャスト等による全層施用と

播種同時の側条施用の 2 通りがあります。ブロードキャスト等で全層施用を行う場合は耕起・播種床造成の直前に散布し、これを耕起・播種床造成作業により土壌と混和します。一方、側条施用では、播種機の肥料ホッパに肥料を投入して施用します。この施用法では、作物の近隣のみに施用するので肥効は高まりますが、構造上肥料ホッパの容量をあまり大きくできないため、施用量の多い子実用トウモロコシでは頻りに肥料を補給する必要があり、作業性はよくありません。大面積に作付けする場合には、全層施用の方が多く用いられています。

(4) 耕起・播種床造成

1) 耕起

播種の前には耕起作業を実施します。本手順書で紹介するプラウ耕体系では、慣行のロータリに代わりチゼルプラウを用いて耕起するのが大きな特徴です。チゼルプラウは図Ⅱ-4 に示すような構造の機械で、複数の爪を土壌に食い込ませて牽引することにより土壌を迅速に破砕していきます。

2) 播種床造成

チゼルプラウで作業後の地表面の土塊はロータリ耕より大きく、整地も不十分なので、作業後には表土をパワーハロー（図Ⅱ-5）で砕土・整地する必要があります。パワーハローはブレード型のタインが PTO 動力により地面に対して水平に回転する構造になっており、表土のみを高速で破砕・整地していきます。なお、作業時間をさらに短縮したい場合は、パワーハローの代わりにケンブリッジローラで鎮圧するだけでも均平な整地が可能です。プラウ耕体系における砕土・整地は、砕土率（19mm 以下の土塊割合）70%以上を目標に行います。



図Ⅱ-4 トラクタに装着したチゼルプラウの全体（左）と爪（右）



図Ⅱ-5 トラクタに装着したパワーハローの全体（左）とタイン（右）

(5) 播種

1) 播種時期

晩霜に気を付けつつ、平均気温が 10℃以上（一般的に「桜が咲く頃」）になったら播種作業を始めることができますが、12℃以上になってから播種した方が発芽・初期生育は安定します。東北北部では 11 月上旬までに完熟期に達しないと、天候が不安定になり収穫作業に支障をきたします。この時期までに完熟期に達するためには、標準的な RM105～118 の中生品種では 5 月下旬、RM95～105

の早生品種では6月中旬が播種の晩限となります。

2) 栽植密度

日本では子実用トウモロコシの栽植密度に関する研究実績が少なく、最適密度を明示するには至っていません。このため暫定的にホールクロープサイレージ用品種の推奨値をそのまま採用しています。この栽植密度で、現在まで大きな問題は発生していませんが、在圃期間がホールクロープサイレージ利用に比べ、2～4週間長く、倒伏の危険性が高まることを考え合わせれば、ホールクロープサイレージ利用における推奨密度は、子実利用における最大の限界値と考え、これを超えることがないように留意すべきです。なお、ホールクロープサイレージ品種の推奨密度は、品種や早晩生により種々に異なりますので、種苗メーカーの推奨値をご参照ください。

3) 播種機

播種機は、種子のピックアップユニットの違いにより、目皿式、真空吸着式、加圧噴射式、ダブルプレート式、フィンガーピックアップ式などに分けられますが、いずれも点播が可能で、トウモロコシの播種に用いることが出来ます（図Ⅱ-6）。播種深はいずれの播種機を用いた場合でも3-5cmを基準としますが、播種後の降雨による湛水が予想される場合や排水性の悪い圃場では播種時に調整し、播種深を浅くします。

3) - 1 目皿式播種機

目皿式のピックアップユニットでは、ホッパの種子を円盤状の板に開けられた穴で一定量捉えて播種ダクトに落とし込むため、種子の繰り出し限界速度が低いです。この型式のユニットは構造が簡単で安価なため、播種機を構成する他の装置（接地輪、コールドタ、鎮圧ローラ、マーカーなど）も含め全体を簡素に仕上げた安価な播種機に組み込まれる場合が多いです。ただし、このような簡素な作りは必然的に

碎土の劣る不整地での播種精度を低下させます。このため目皿式播種機では、播種前に丁寧な整地が必要になりますが、この整地作業を省力化するために考案されたのがロータリシーダです。ロータリシーダとは、播種機をロータリハローの後部に直装して、整地と播種を同時に行う播種装置の総称なので、必ずしも目皿式播種機が装着されている訳ではありませんが、現在水田転換畑で使用されているロータリシーダの大部分は目皿式播種機が装着されています。

3) - 2 真空播種機

本手順書で紹介するプラウ耕体系では、上記のロータリシーダより播種精度が高く、簡略な整地を行っただけで高速播種が可能な真空吸着式の播種機（真空播種機）の利用を前提に体系を組み立てています。真空吸着式とは、文字通り真空ポンプの吸引力で、種子を 1 粒ずつ吸着してホッパから拾い上げて播種ダクトに落とし込む型式のユニットで、大型播種機に組み込まれ、大規模畑作農家を中心に広く普及しています。

3) - 3 その他の播種機

加圧噴射式、ダブルプレート式（高速高精度汎用播種機、参照：2017 年度研究成果情報「水稻、麦、大豆、牧草などに対応し、高速点播が可能な高速高精度汎用播種機」）、フィンガーピックアップ式などのユニットを組み込んだ播種機も、真空吸着式と同等以上の播種精度、播種速度を有しており、真空播種機を代替することが可能です。



目皿式
(ロータリシーダ仕様)



真空吸着式
(真空播種機)



加圧噴射式



フィンガー
ピックアップ式

図 II-6 子実用トウモロコシの播種で用いることのできる播種機の一例

(6) 除草剤散布

除草剤は、播種直後に施用する土壌処理剤とトウモロコシの生育途中に施用する莖葉処理剤の2回散布を行う体系防除を基本とします。土壌処理剤は、発芽時の吸水とともに土壌から雑草種子に吸収され、出芽前、あるいは出芽直後にこれを枯殺します。生長した雑草に対しては効果が劣るので、雑草が出芽する前の、トウモロコシ播種～出芽の間に散布します(表 II-1)。土壌処理剤の効果は散布後30日程度で消失します。この頃から新たな雑草の発芽がみられるようになる

うえ、土壌処理剤で防除しきれなかった雑草の繁茂も目立つようになります。このような後発の雑草を防除するために、トウモロコシの生育途中に施用するのが茎葉処理剤です。茎葉処理剤は雑草の茎葉から直接吸収され、これを枯殺します（表Ⅱ-2）。初期雑草は、上記の体系防除を行えばほぼ完全に防除することができます。トウモロコシは生育が早く、草高も高くなるので、初期の雑草防除に失敗しなければ、収穫まで追加の防除作業は不要です。

なお、飼料用と食品用では登録農薬が異なる点に留意し、飼料用では「飼料用とうもろこし」、食品用では「とうもろこし」の登録が取れている農薬を使用します。

表Ⅱ-1 土壌処理剤の一例

飼料用	食用	農薬の名称	農薬の種類
○	○	ゲザノンゴールド	アトラジン・S-メトラクロール水和剤
○	○	ゲザプリムフロアブル	アトラジン水和剤
○	○	モーティブ乳剤	ジメテナミドP・ペンディメタリン乳剤
○	○	ゴーゴーサン乳剤	ベンディメタリン乳剤
○	○	ゴーゴーサン粒剤F	ベンディメタリン粉粒剤
○	○	コダール水和剤	プロメトリン・S-メトラクロール水和剤
○	○	フィールドスターP乳剤	ジメテナミドP乳剤
○	○	クリアターン乳剤	ベンチオカーブ・ペンディメタリン・リニュロン乳剤
○	○	クリアターン細粒剤F	ベンチオカーブ・ペンディメタリン・リニュロン粉粒剤
○	○	カイトック乳剤	ベンディメタリン・リニュロン乳剤
○	○	カイトック細粒剤F	ベンディメタリン・リニュロン粉粒剤
○	○	デュアールゴールド	S-メトラクロール乳剤
○	○	ボクサー	プルホスカルブ乳剤
○	○	ロロックス	リニュロン水和剤
○	○	ラッソー乳剤	アラクロール乳剤
○	×	エコトップP乳剤	ジメテナミドP・リニュロン乳剤
○	×	ラクサー乳剤	アラクロール・リニュロン乳剤
×	○	サターンバアロ乳剤	プロメトリン・ベンチオカーブ乳剤
×	○	ゲザガード50	プロメトリン水和剤

※実際の農薬使用にあたっては、必ず個々の農薬の登録内容をラベルでご確認下さい。また、当該農薬を初めて使用するに当たっては、あらかじめ指導機関の指導を受けて下さい。必要に応じて、農薬登録情報提供システム（<https://pesticide.maff.go.jp>）をご確認下さい。

表 II - 2 茎葉処理剤の一例

飼料用	食用	農薬の名称	農薬の種類	備考
○	○	ゲザノンゴールド	アトラジン・S-メトラクロール水和剤	アトラジンを含む農薬の総使用回数1回
○	○	ゲザプリムフロアブル	アトラジン水和剤	
○	○	ブルーシアフロアブル	トルピラレート水和剤	
○	×	アルファード液剤	トプラメゾン液剤	
○	×	ワンホープ乳剤	ニコスルフロン乳剤	適用品種の確認が必要。
○	×	シャドー水和剤	ハロスルフロンメチル水和剤	
○	×	バサグラン液剤	ベンタゾン液剤	
○	×	ハーモニー75DF	チフェンスルフロンメチル	ギシギシ類
×	○	石原MSPソーダ塩	MCPAナトリウム塩液剤	

※実際の農薬使用にあたっては、必ず個々の農薬の登録内容をラベルでご確認下さい。また、当該農薬を初めて使用するに当たっては、あらかじめ指導機関の指導を受けて下さい。必要に応じて、農薬登録情報提供システム (<https://pesticide.maff.go.jp>) をご確認下さい。

(7) プラウ耕体系で栽培した子実用トウモロコシの特性

1) プラウ耕体系が生育量と栄養状態に与える影響

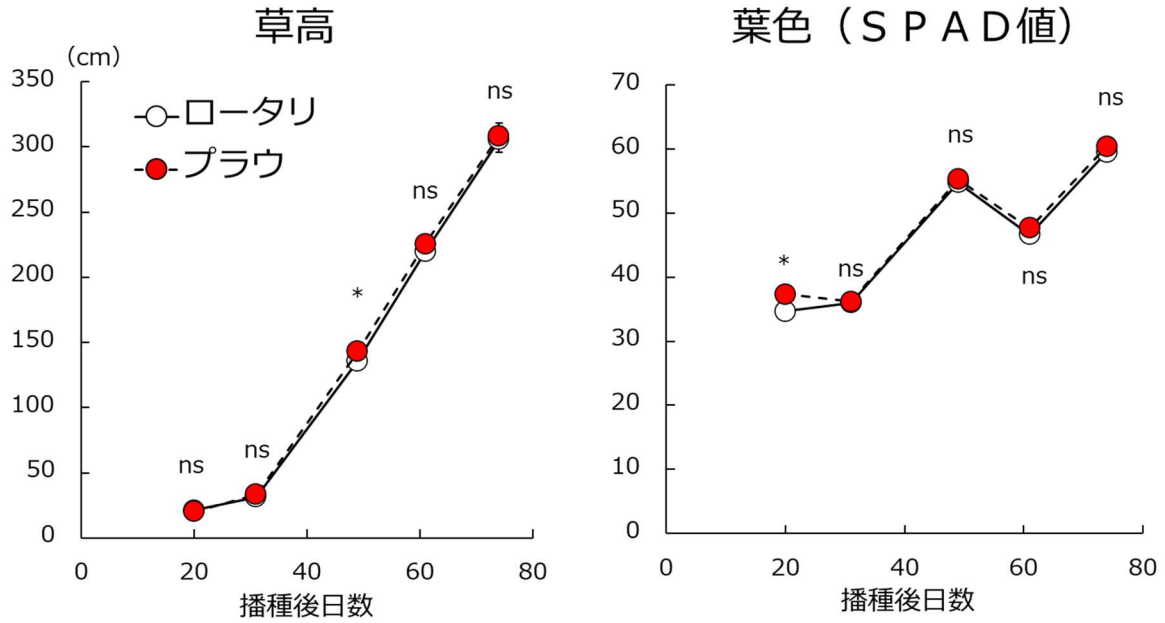
トウモロコシの主産地であるアメリカでは、耕起を簡略化しても生産性に悪影響を及ぼさない特性を活かし、簡易耕起栽培や不耕起栽培が広く行われています。チゼルプラウはロータリ（時速 2～3km）よりも耕起速度が速い反面、土壌の反転・破碎能力は劣るため、本手順書で紹介するプラウ耕体系は、簡易耕起体系の一種とみなすことができます。時速 2～7km で耕起が可能であることから、作業時間の短縮が可能です。

水田転換畑でプラウ耕体系による簡易耕起が導入可能か検討するため、岩手県内の黒ボク土（図 II-7）とグライ土（図 II-8）の水田転換畑で、ロータリ耕体系とプラウ耕体系で栽培した子実用トウモロコシ（34N84、34B39）の草高と葉色

(SPAD502 Plus による SPAD 値) を播種後 20 日から 80 日まで比較しました。大部分の測定日で両者に有意差は認められませんでした。草高は作物の生育量の指標、SPAD 値は栄養状態の指標であることから、プラウ耕体系で栽培した子実用トウモロコシの生育量と栄養状態は、ロータリ耕体系とほぼ同等であることが示されました。

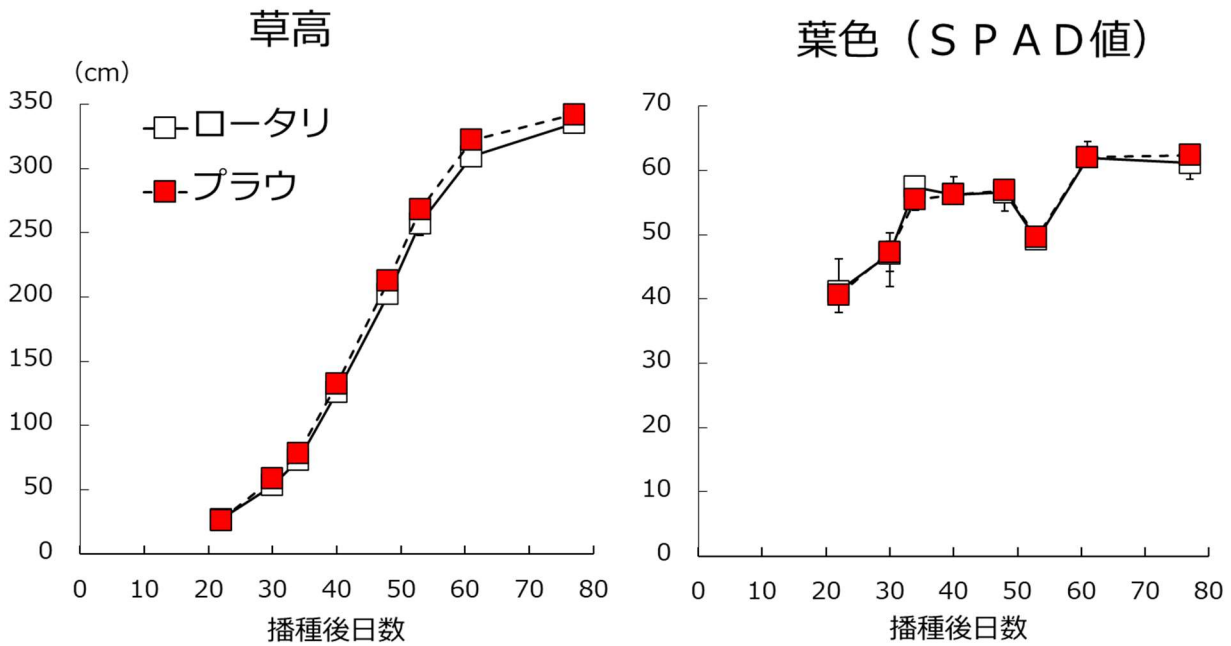
2) プラウ耕体系が子実収量に及ぼす影響

図Ⅱ-9 に水田転換畑における子実用トウモロコシ (34N84、34B39)の収量をプラウ耕体系とロータリ耕体系で比較した結果を示しました。黒ボク土 (岩手県盛岡市) およびグライ土 (岩手県花巻市) の水田転換畑で、プラウ耕体系の子実収量はロータリ耕体系とほぼ同等であり、水田転換畑でプラウ耕による簡易耕起体系を導入しても生産量に影響はないことが示されました。



図Ⅱ-7 黒ボク土における子実用トウモロコシの草高と葉色の推移

年次：2015年。場所：農研機構東北農業研究センター内の水田転換畑（腐植質厚層多湿黒ボク土、前作：水稲）。品種：34N84、34B39。播種日：5月29日。施肥量 N：P₂O₅：K₂O = 15:20:15 kg/10a。葉色は葉緑素計 SPAD502 Plus により測定した SPAD 値。図中のエラーバーは標準誤差。*：5%水準でロータリ耕体系と比較して有意差あり、ns は有意差なし (n=6)。引用：篠遠ら (2017) 「黒ボク土の水田転換畑におけるプラウ耕がトウモロコシの生育および子実収量に及ぼす影響」日作紀 86: 151-159。



図Ⅱ-8 グライ土における子実用トウモロコシの草高と葉色の推移

年次：2017年。場所：岩手県花巻市の農家圃場における水田転換畑（細粒質普通停滞水グライ土、前作：水稻）。品種：34N84。播種日：5月29日。施肥量 N : P₂O₅ : K₂O = 11:11:11 kg/10a、豚糞堆肥 2t/10a。葉色は葉緑素計 SPAD502 Plus により測定したSPAD値。図中のエラーバーは標準誤差 (n=3)。引用：Shinotoら (2019) 「Growth and yield of maize using two tillage systems in crop rotation of paddy fields」 Plant Production Science 22: 58-67。

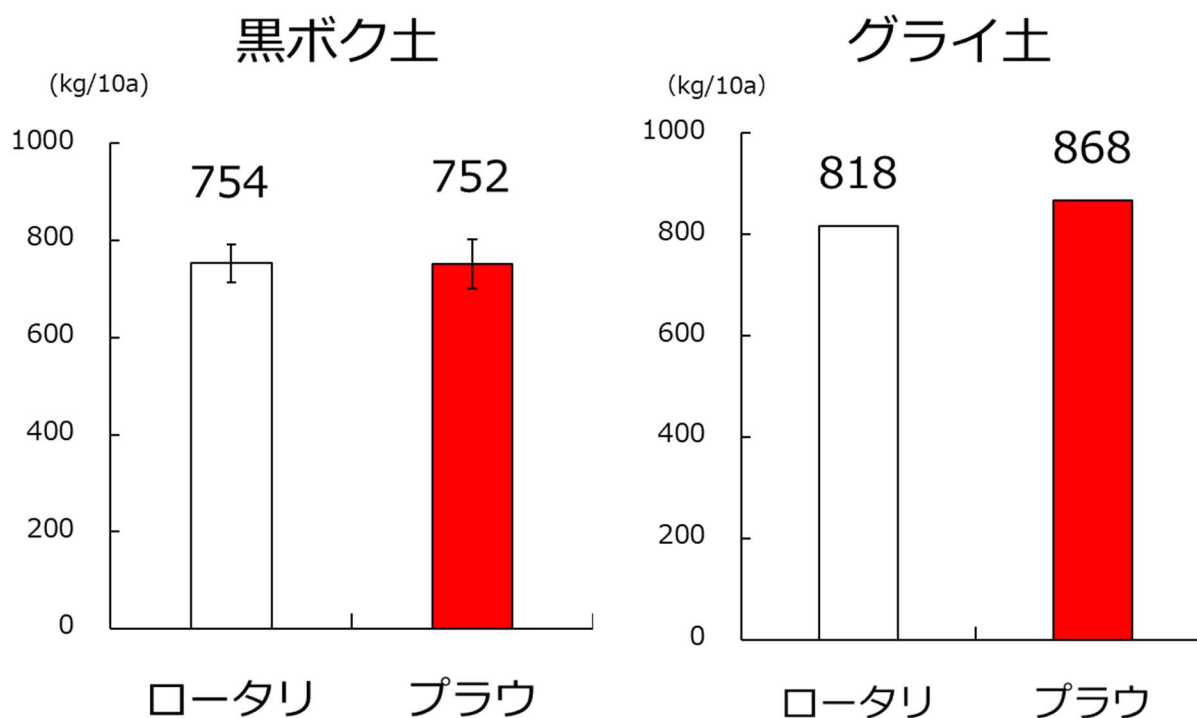


図 II-9 黒ボク土とグライ土におけるロータリ耕とプラウ耕の子実収量の比較

黒ボク土：年次：2016-2018、2020 年。場所：農研機構東北農業研究センター内の水田転換畑（腐植質厚層多湿ボク土、前作：水稻）。品種：34N84（2016 年～2018 年）、36B08（2020 年）。播種日：5 月下旬。施肥量：N P₂O₅ : K₂O = 15:20:15 kg/10a、牛糞堆肥 1t/10a。

グライ土：年次：2017 年。場所：岩手県花巻市の農家圃場における水田転換畑（細粒質普通停滞水グライ土、前作：水稻）。品種：34N84。播種日：5 月 29 日。施肥量 N : P₂O₅ : K₂O = 11:11:11 kg/10a、豚糞堆肥 2t/10a。図中のエラーバーは標準誤差（n=3）。

3) プラウ耕による耐倒伏性の向上

トウモロコシは草高が高く、台風などによる強い風雨によって土壌が膨潤することで根の支持力が失われると、倒伏する被害を受けやすいことはよく知られています。本州においてトウモロコシの収穫時期は台風の上陸シーズンと重なります。倒伏は収穫ロスによる収量の低下、子実の腐敗など飼料としての品質低下をもたらすばかりでなく、収穫

の作業効率の低下の原因ともなるため、トウモロコシの栽培において倒伏防止は重要な技術です。

3) - 1 プラウ耕体系が根長密度と土壤硬度に与える影響

農家圃場（岩手県花巻市）のグライ土の水田転換畑において、ロータリ耕体系とプラウ耕体系が土壤の硬さに与える影響を比較した結果を図 II-10 左に示します。土壤の硬さの指標が土壤貫入抵抗値（MPa）であり、土壤貫入抵抗値が高いほど土壤が硬いことを示します。ロータリ耕体系の場合は土壤深さ 10cm までは貫入抵抗値が低く（ <0.1 MPa）、それより土壤が深くなるに従って上昇するのに対し、プラウ耕体系の土壤貫入抵抗値は地表から土壤深さ 10cm までは増加し、それ以降の土壤深さではほぼ一定の値（ 0.7 MPa）で推移します。プラウ耕体系とロータリ耕体系の土壤貫入抵抗値がほぼ同じになる土壤深さは約 20cm です。この結果は、黒ボク土の水田転換畑では土壤深さ 20cm までは、プラウ耕体系の土壤はロータリ耕体系よりも硬いことを意味しています。この原因は、プラウ耕体系においてパワーハローで碎土した表層以下の土塊の碎土程度がロータリ耕体系より低いためと考えられます。

図 II -10 右は、ロータリ耕体系とプラウ耕体系で耕起後に播種したトウモロコシ（34N84）の根長密度（土壤容積あたりの根の長さ）を比較したものです。土壤深さ 0～10cm 範囲では、プラウ耕体系の方が土壤は硬いにも関わらず、根長密度はロータリ耕体系とほぼ同等です。このことは、プラウ耕体系では、支持力の強い硬い土壤にしっかりとトウモロコシが根を張ることを意味します。

3) - 2 プラウ耕体系がトウモロコシの耐倒伏性に与える影響

トウモロコシの耐倒伏性を非破壊的かつ定量的に評価するための方法として、トウモロコシの茎を垂直から 30 度倒すために要する最大荷重を測定する「引倒し法」があります（濃沼ら 1998）。農研機構東北農業研究センター（岩手県盛岡市）内の黒ボク土の水田転換畑で、プラウ耕体系またはロータリ耕体系で耕起後に播種したトウモロコシ（34N84、TX1241、きみまる、P2088、SH3786、KD641）の耐倒伏性を絹糸抽出約 25 日後に評価したところ、プラウ耕体系で栽培したトウモロコシを引き倒すためにはロータリ耕体系で栽培したトウモロコシよりも強い力が必要で、プラウ耕体系で栽培したトウモロコシの耐倒伏性の高さが示唆されました（図 II-11）。

3) - 3 台風被害を受けた農家圃場における耐倒伏性の向上

プラウ耕体系で栽培したトウモロコシの耐倒伏性の高さを示す実例として、岩手県花巻市におけるグライ土の水田転換畑で栽培した子実用トウモロコシ圃場で、台風（2017 年台風 18 号）通過前後に撮影したドローン写真を図 II-12 に示します。ロータリ耕体系の圃場では台風通過後に倒伏が多く見られるのに対し、プラウ耕体系では倒伏が軽減されています。単位面積あたりの倒伏本数を定量化したのが下のグラフです。

3) - 4 台風被害を受けた農家圃場における収量の向上

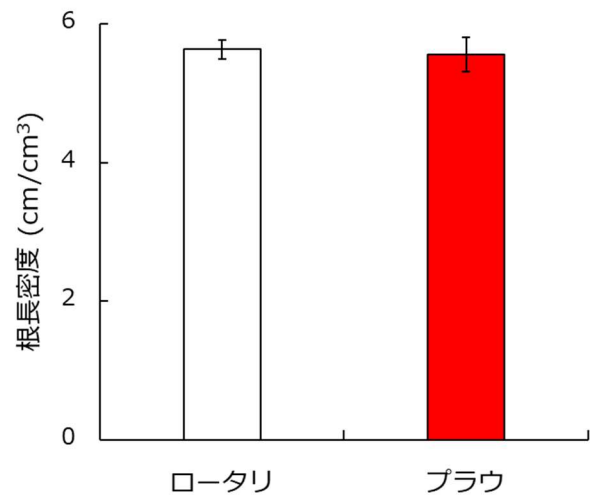
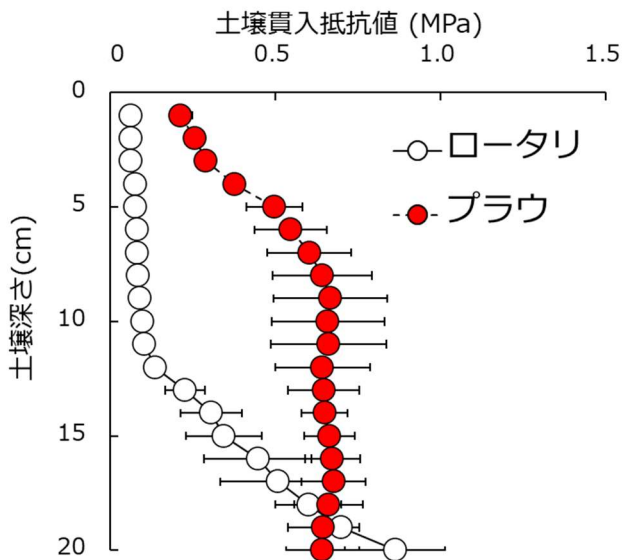
図 II-13 は、倒伏の程度によるコンバイン作業の違いを示したものです。著しい倒伏が発生したロータリ耕体系（左）のような状況に陥ると、倒伏したトウモロコシを収

穫するために刈高を低く設定する必要があります。その結果、通常の収穫に比べ、こぎ胴に送り込まれる茎葉の割合が増加します。子実に対する茎葉の割合の増加は選別工程における機械的負荷を増大させるため、刈幅を減じて少量ずつ収穫することで、これを低減する必要があります。図Ⅱ-13 のロータリ耕のような強度の倒伏が生じた場合は、刈幅が最大刈幅の半分程度となるため、作業能率が大きく低下します。一方、倒伏の少ないプラウ耕体系では通常の刈高（約 50cm）で、コンバインの最大刈幅に合った条数を収穫できます。

図Ⅱ-14 には図Ⅱ-12、図Ⅱ-13 の圃場を収穫した際の子実収量を示しました。ロータリ耕体系の方がプラウ耕体系よりも 93kg/10a（13%）減収となりました。単位面積内に存在する子実をすべて刈り取って調査した坪刈収量は、プラウ耕体系とロータリ耕体系との間に差が無かったので、この減収はすべて倒伏に起因する収穫ロスです。数値としてみれば収穫ロスは甚大なものではないと感じるかもしれませんが、錯綜する倒伏した茎を上手く刈り取るためには、刈取方向と速度に留意しながら、刈高を低く、刈幅は少なくして作業する必要があるため（図Ⅱ-13）、作業時間が長くなります。さらに、刈高の低下はこぎ胴に送り込まれる茎の割合を増加させ、刈幅の減少は機械への負荷の偏在をもたらします。これらはいずれも、コンバインの損耗・損傷を早める原因となります。プラウ耕体系の倒伏防止効果は、ロータリ耕体系に対する大きなアドバンテージといえます。

地上部を支える力
ロータリ耕 < プラウ耕

土壌深さ10 cmの
根長密度

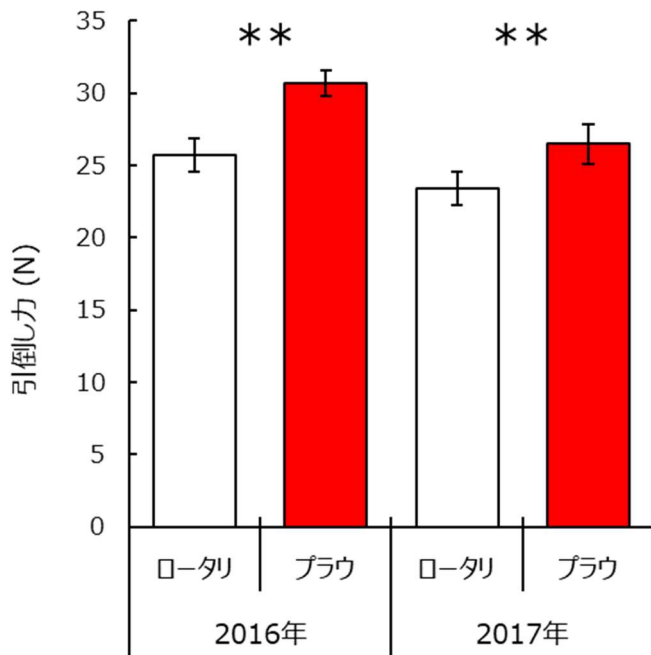


図Ⅱ-10 土壌貫入抵抗値（左）と土壌深さ0～15cmに占める土壌深さ0～10 cmにおける根長密度（右）

年次：2017年。場所：岩手県花巻市の農家圃場における水田転換畑（細粒質普通停滞水グライ土、前作：水稻）。品種：34N84。播種日：5月29日。施肥量 N : P₂O₅ : K₂O = 11:11:11 kg/10a、豚糞堆肥 2t/10a。

土壌貫入抵抗値は、貫入式土壌硬度計（DIK-5532；大起理化工業）を用いて播種後の2017年5月30日に測定した。土壌深さ別の根長密度は乳熟期（2017年8月17日）に各耕起区3カ所において、村上・井沢（2008）の方法に従って、条方向に長さ5 cm、条と直交して幅40 cm、土壌深さ15 cmの土壌を土壌モリスにより掘り出し、土壌深さ別の根長を測定した。エラーバーは標準誤差を示す（n=3）。

引用：Shinotoら（2019）「Growth and yield of maize using two tillage systems in crop rotation of paddy fields」Plant Production Science 22: 58-67。篠遠ら（2019）「グライ土の水田転換畑におけるプラウ耕がトウモロコシの根系および倒伏に及ぼす影響」根の研究 28: 59-67。

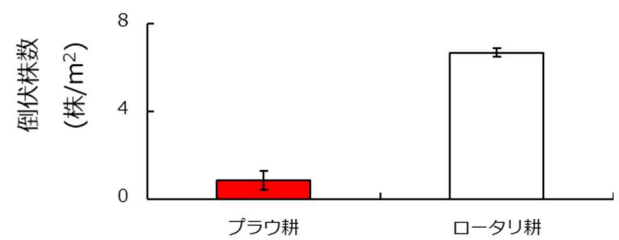
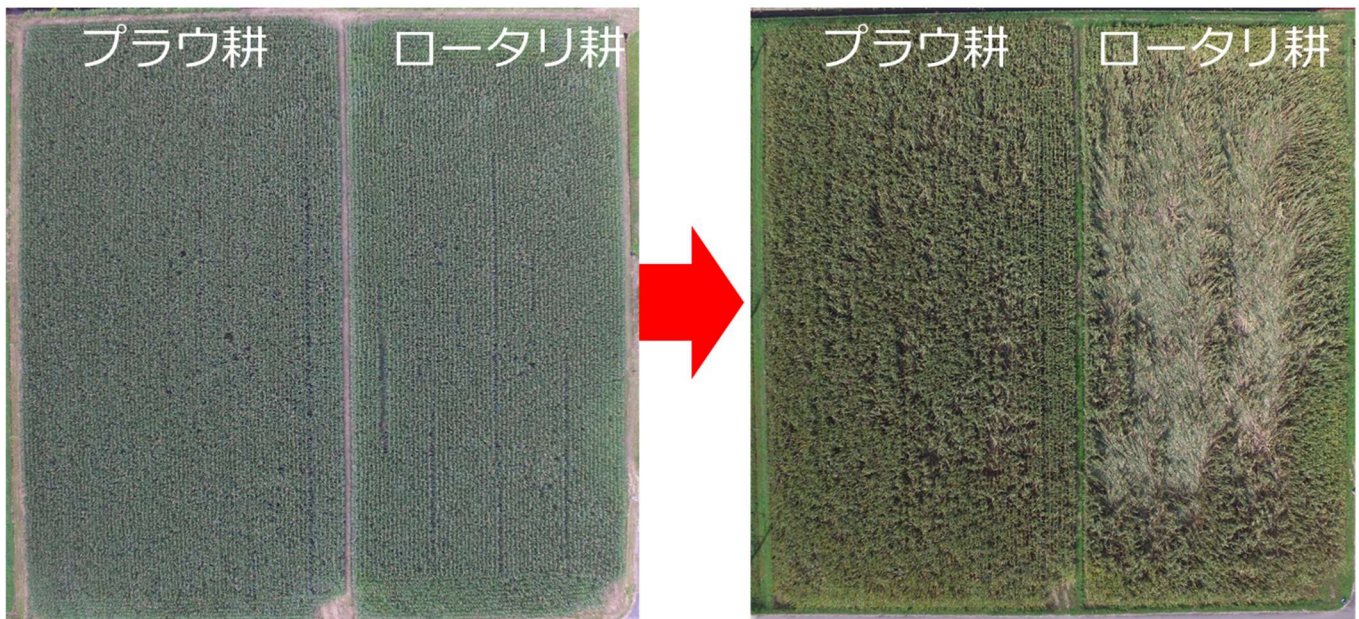


図Ⅱ-11 引倒し力によるロータリ耕とプラウ耕の耐倒伏性の評価

場所：農研機構東北農業研究センター内の水田転換畑（黒ボク土、前作：水稻）。品種：34N84、TX1241、きみまる、P2088、SH3786、KD641。播種日：6月2日（2016年）、6月7日（2017年）。施肥量 N : P₂O₅ : K₂O = 15:20:15 kg/10a。図中のエラーバーは標準誤差。引倒し力は、濃沼ら（1998）に従って乳熟期に実施した。**：1%水準でロータリ耕体系と比較して有意差あり（n=3）。引用：Shinoto ら（2020）「Effects of tillage on growth, yield and root lodging of six maize hybrids in upland fields converted from paddy fields in Andosol」Pant Production Science 23: 39-47。

台風通過前
2017年9月3日

台風通過後
2017年9月24日



図Ⅱ-12 台風通過後のロータリ耕とプラウ耕の倒伏程度の比較

年次：2017年。場所：岩手県花巻市の水田転換畑（細粒質普通停滞水グライ土、前作：水稲）。品種：34N84。播種日：5月29日。施肥量 N : P₂O₅ : K₂O = 11:11:11 kg/10a、豚糞堆肥 2t/10a。台風通過後のロータリ耕における灰色の部分が倒伏した部分。エラーバーは標準誤差を示す (n=3)。

ロータリ耕



プラウ耕



図 II-13 倒伏程度によるコンバイン収穫作業の違い

ロータリ耕体系で倒伏が多い場合の収穫作業の様子（左）とプラウ耕体系で倒伏が少ない場合の収穫作業の様子（右）。ロータリ耕体系とプラウ耕体系ともに同型の国産汎用コンバイン（WRH1000c、クボタ社）を収穫に使用した。ただし、使用機体は子実用トウモロコシを収穫対象としていないが、子実用トウモロコシの収穫を想定した試験用部品をヘッダ部および脱穀部に取り付けた。使用したコンバインの最大刈幅は 2.1m。年次：2017 年。場所：岩手県花巻市の水田転換畑（細粒質普通停滞水グライ土、前作：水稻）。品種：34N84。播種日：5 月 29 日。施肥量 N : P₂O₅ : K₂O = 11:11:11 kg/10a、豚糞堆肥 2t/10a。

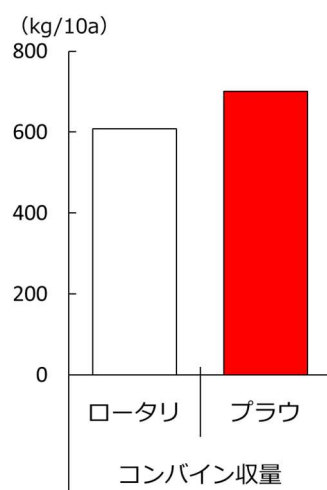


図 II-14 農家圃場で倒伏した場合のコンバイン収量

図 II-13 の圃場のコンバイン収量。水分 15%における子実収量を示す。

2. 収穫、残穢処理

(1) スナッパヘッドの特徴

1) 外国製の大型汎用コンバイン

トウモロコシの主産地であるアメリカにおいて、コンバインは当然ながら子実用トウモロコシの収穫を前提に製造されています（図Ⅱ-15）。北海道では、このタイプのコンバインの導入例がありますが、大型なため、1ha 未満の圃場が多い都府県の水田転換畑には適合しません。

2) 国産汎用コンバインによるリールヘッド式の子実用トウモロコシ収穫技術開発

国内の農機メーカーは、都府県での水田区画でも子実用トウモロコシを収穫できるように、既存の水稻・麦・大豆と同様にリールヘッド式の子実用トウモロコシ収穫キットの販売を開始しました（図Ⅱ-16）。しかしながら、冒頭で述べたようにリールヘッド式は、作業効率が低く、雌穂だけを分離して取り込むことができるスナッパヘッドの市販化が求められていました。

3) 小型スナッパヘッドの導入

農研機構では、日本と同じ水田農業のもとで子実用トウモロコシを栽培しているタイから小型スナッパヘッドを導入して国産汎用コンバインとのマッチング（図Ⅱ-17）や性能試験を実施してその有用性を確認しました。この結果を受けて現在では、農機メーカー1社から馬力の異なるコンバイン2機種（69馬力、115馬力）に対応したスナッパヘッド（商品名：コーンヘッダー）が市販化されています。



図Ⅱ-15 アメリカにおけるスナツパヘッドを装着した汎用コンバイン



図Ⅱ-16 リールヘッド式の国産汎用コンバイン



図Ⅱ-17 小型スナツパヘッドを装着した国産汎用コンバイン

4) スナッパヘッドの特徴

リールヘッド、スナッパヘッドのいずれも子実用トウモロコシ用の脱穀部キット（キットの有無はコンバインの型式によります。115馬力のコンバインでは脱穀部キットが必要ですが、69馬力のコンバインでは不要です）が必要です。両ヘッドの大きく異なる点はコンバインで収穫可能な条数です。収穫幅が2.1mのリールヘッドの場合、基本的に2条刈りですが、スナッパヘッドは3条刈りであるため、リールヘッドより収穫条数が1.5倍多くなります（表Ⅱ-3）。また、収穫速度もスナッパヘッドは、リールヘッドより約1.5倍速く収穫できます（表Ⅱ-3）。リールヘッドでは、着雌穂節位直下より上位の莖葉も雌穂と一緒に刈り取って、こぎ胴に送り込んだ後に子実を選別・収穫しますが、スナッパヘッドではヘッド部分で雌穂のみを分離してこぎ胴に送り込むので、機械への負担が少なく作業効率が向上します。

5) 収穫時期

収穫時期は、子実の水分含量を測定して決定します。使用するコンバインにもよりますが、立毛状態の子実水分が25%を下回った時点で収穫するのが機械への負荷が少なく理想的です。設計上は立毛での子実水分が30%までであれば収穫可能ですが、30%を上回る水分での収穫は避けるようにします。

子実水分の確認は子実用トウモロコシ対応の水分計が望ましいですが、大豆仕様の水分計でも換算により測定が可能です（参照：2018年研究成果情報「汎用循環式乾燥機によるトウモロコシ子実の乾燥および水分推定手法」。大豆用静電容量

式の場合、近似式は $y=1.42x-4.34$ であり、子実用トウモロコシの水分が絶乾法 15%時の推定表示値は 13.7%です）。

表Ⅱ-3 リールヘッドとスナッパヘッドの比較

項目	スナッパヘッド	リールヘッド
収穫条数	3	2（収穫幅 2.1m）
収穫速度	約 1.3～1.5m/s	約 0.8～1.0m/s
収穫部位	雌穂のみ	雌穂と着雌穂節位直下より上位の茎葉

（2）収穫精度

子実用トウモロコシに対応した国産汎用コンバインの収穫精度を図Ⅱ-18 に示しました。ヘッド部分での取り落としによる損失を示す頭部損割合（図Ⅱ-18 左）はスナッパヘッドでもリールヘッドと同程度で 1%以下と良好でした。脱穀選別損失割合（図Ⅱ-18 右）は製品口流量にかかわらず安定して概ね 1%の良好な数値を示しています。これらのデータは、スナッパヘッドの収穫精度はリールヘッドと同程度の収穫精度を有していることを示しています。

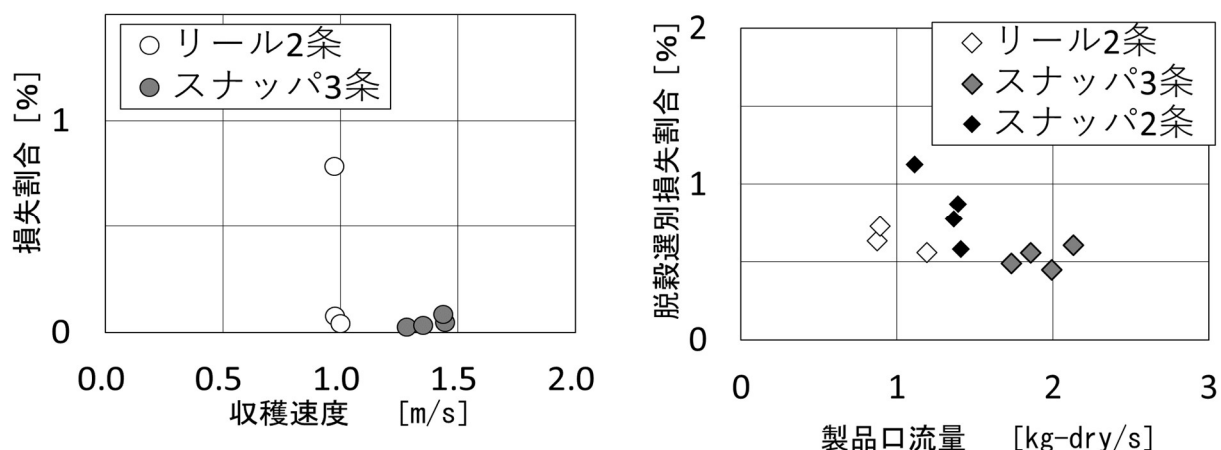


図 II -18 収穫速度と頭部損失割合の関係（左）および製品口流量と脱穀選別損失割合の関係（右）

供試品種は SL0746。製品口流量：製品口から排出されるものの単位時間当たりの質量。引用：金井ら（2020）「国産コンバインでのスナッパヘッド利用可能性」農業食料工学会誌 82: 418-420。

(3) 残穢処理

国産汎用コンバインで収穫する場合、リールヘッドおよびスナッパヘッドともに、地上から 50cm 程度までの茎が立毛のまま圃場に残ります。そのため、収穫後にフレールモア等で残穢を破碎処理する必要があります（図 II -19）。



図 II -19 残穢処理の一例

(4) 調製方法

調製方法は、乾燥とサイレージの2種類あり、機械装備や貯蔵体系、流通、利用方法がそれぞれ異なります（表Ⅱ-4）。

1) 乾燥調製

乾燥調製の場合、既存の循環式乾燥機を水稻や大豆と同じ作業手順で用いることができますが、この場合は、トウモロコシ子実が他の作物に混入することを避けるため清掃をきちんと行う必要があります。そのため、他の作物（主に水稻）で使用している乾燥機（図Ⅱ-20 左）を子実用トウモロコシで使用することは生産者にとって抵抗感があります。国産循環式で乾燥する場合は最も火力の強い小麦設定で子実水分が15%以下になるまで乾燥します。また、近年、国産循環式乾燥機より高速高温で乾燥できるモバイルドライヤーが導入されつつあります。モバイルドライヤー（図Ⅱ-20 右）の作業手順は国産循環式乾燥機に準じます。モバイルドライヤーは既存の乾燥機とは異なり、建屋を必要とせず、トラクタのPTOで発電して乾燥します。また、乾燥温度が一般的な国産循環式乾燥機より高いため、通常の子実用トウモロコシの刈り取り水分であれば、1日2回転程度乾燥させることができます。モバイルドライヤーの容量にもよりますが、基本的には高さが3mを越えるため、同じ敷地内で倉庫から軒先に出す程度の移動は可能ですが、圃場への移動や公道を走っての移動には道路交通法の確認が必要です。また、乾燥時に降雨が予想される場合は、屋根が必要になりますので、軒下等で作業する必要があります。乾燥後の子実用トウモロコシは、屋内でしか貯蔵できないため、貯蔵場所の確保も同時に考える必要があります。

2) サイレージ調製

サイレージ調製には農研機構東北農業研究センターで開発されたフレコンラップ法が適しています（参照：粃米サイレージ調製の高能率化技術—無破碎・無脱気法ならびにフレコンラップ法—標準作業手順書）。乾燥調製と異なり、屋外での貯蔵が可能なため、貯蔵施設が整備されていない場合も調製が可能です。フレコンラップ法は、耕種農家が一般的に装備していないラッピングマシンやグラブ、粉砕機等、専用の機械設備の導入が必要なため、耕種農家が子実用トウモロコシを栽培する場合、地域内の畜産農家と連携する必要があります。フレコンラップされたサイレージは乾燥した子実用トウモロコシに比べ輸送に適していないため、地域内の畜産農家と連携して取り組むことが望ましいです。サイレージ調製の場合、飼料として利用しますが、畜種は主に肥育牛や乳牛が想定されています。養鶏や養豚での利用の際は給餌システム等を考慮する必要があります。

表Ⅱ-4 乾燥調製とサイレージ調製の比較

項目	乾燥調製	サイレージ調製
作業機械	耕種農家の機械装備 乾燥機（循環式、平型）	畜産農家の機械装備 バールラップ、粉砕機、グラブアタッチ付きのフロントローダ等
貯蔵	屋内のみ	屋内、屋外
流通	広域流通可能	地域内流通が主
利用方法	飼料用（養鶏、養豚、肥育牛、乳牛）、食品用	飼料用（肥育牛、乳牛※養鶏、養豚は給餌システム等によります）



一般的な国産循環式乾燥機

高速高温乾燥が可能な
モバイルドライヤー

図Ⅱ-20 乾燥調製方法の例

3. 東北北部における子実用トウモロコシの高速作業体系による栽培事例

(1) 岩手県花巻市における事例

2020年の岩手県花巻市（細粒質普通停滞水グライ土）における栽培事例を紹介します。水稲－子実用トウモロコシ－大豆の3年3作の水田輪作試験の中で子実用トウモロコシをロータリ耕体系とプラウ耕体系でそれぞれ約60a栽培しました（表Ⅱ-5、表Ⅱ-6、図Ⅱ-21）。作付け体系は、水稲移植後から大豆播種前の時期にトウモロコシの播種を行い、水稲収穫後から大豆収穫前の時期に収穫しました。2020年の梅雨（7月上旬～7月下旬）の降水量は平年比2.1倍でしたが、暗渠が整備された圃場であり、排水対策（サブソイラ、額縁明渠）を実施したため、湿害はなく（図Ⅱ-22）、子実収量（水分15%換算）はロータリ耕体系で812kg/10a、プラウ耕体系で886kg/10aでした。収穫作業にはスナッパヘッドを用いて行い、収穫物は、モバイルドライヤーで乾燥調製しました。

表Ⅱ-5 岩手県花巻市における栽培概要

土壌	細粒質普通停滞水グライ土（日本土壌インベントリ参照）
前作	ロータリ耕体系：水稲移植栽培 プラウ耕体系：プラウ耕鎮圧体系乾田直播
施肥	N:P ₂ O ₅ :K ₂ O = 14:14:14 kg/10a (化成肥料オール14を現物で100kg/10a) 汚泥堆肥 100kg/10a
品種	34N84 (RM108、パイオニアエコサイエンス)
種子粉衣	キヒゲンR-2フロアブル クルーザー-FS30
裁植密度	播種機の設定約7,500粒（条間70cm×株間19cm）
播種日	2020年5月26日
播種機	ロータリ耕体系：目皿式播種機（TDR、アグリテクナリサーチ） プラウ耕体系：真空播種機（NG+4、モノセム）
除草剤：	土壌処理剤：ラクサー乳剤 茎葉処理剤：アルファード液剤

表Ⅱ-6 岩手県花巻市における作業

月日	作業内容	備考
前年秋	サブソイラ	
5月2日	堆肥散布	
	粗耕起（チゼルプラウ）	プラウ耕体系のみ
5月13日	ロータリ耕	ロータリ耕体系のみ
5月26日	施肥作業	ロータリ耕体系・プラウ耕体系共通作業
	砕土（パワーハロー）	プラウ耕体系のみ
	真空播種	プラウ耕体系のみ
	耕耘播種	ロータリ耕体系のみ
	溝ほり	ロータリ耕体系・プラウ耕体系共通作業
5月28日	除草剤散布	ラクサー乳剤、ロータリ耕体系・プラウ耕体系共通作業
6月23日	除草剤散布	アルファード液剤、ロータリ耕体系・プラウ耕体系共通作業
10月21日	収穫	収穫量（水分15%換算）：ロータリ耕 812kg/10a プラウ耕体系 886kg/10a
11月11日	残稈処理	ロータリ耕体系・プラウ耕体系共通作業



額縁明渠の施工



真空播種機による播種



茎葉処理剤散布

図Ⅱ-21 岩手県花巻市における作業の様子

プラウ耕体系・ロータリ耕体系ともに額縁明渠施工による排水対策を実施。プラウ耕体系では、5/26 に真空播種機（NG+4）で播種。両者の体系とも6/23 に茎葉処理剤（アルファード液剤）散布を実施。



第3葉期頃



絹糸抽出期



完熟期

図Ⅱ-22 岩手県花巻市における生育の様子

岩手県花巻市の水田転換畑に播種した子実トウモロコシの第3葉期（6/11）、絹糸抽出期（7/24）、完熟期（10/21）における生育の様子

(2) 岩手県紫波町における事例

2020年の岩手県紫波町（典型下層台地多湿黒ボク土）における栽培事例を紹介します。前作が小麦とソバであった水田転換畑において子実用トウモロコシを5筆合計1.4ha栽培しました（表Ⅱ-7）。作付け体系は、水稻移植前の時期に播種を行い、水稻収穫後半に収穫する体系でしたが、生育ステージが早まり水稻収穫時期と重なりました（表Ⅱ-8、図Ⅱ-23、図Ⅱ-24）。2020年の梅雨（7月上～7月下旬）の降水量は平年比2.1倍であったため、暗渠が整備さ

れ、排水対策（サブソイラ、額縁明渠）を実施したにもかかわらず、5筆中3筆では湿害により低収となりました（表Ⅱ-9）。子実収量（水分15%換算）は5筆平均で563kg/10aでしたが、湿害のみられなかった圃場に限れば2筆平均で741kg/10aでした。湿害発生要因としては、額縁明渠での滞水がみられたため、本手順書9ページの排水対策で記載したように明渠を排水口に繋げ、特定の場所に水が集中・停滞するのを防ぐことが重要です。

収穫作業はスナッパヘッダを用いて行い、収穫物はフレコンラップ法で調製しました。

表Ⅱ-7 岩手県紫波町における栽培概要

土壌	典型下層台地多湿黒ボク土（日本土壌インベントリ参照）
前作	小麦→ソバ
施肥	N:P ₂ O ₅ :K ₂ O=11.2:11.2:11.2 kg/10a （化成肥料オール14を現物で80kg/10a、 内訳：全層施肥（プロキヤス散布）：現物20kg/10a 側条施肥（播種同時）：現物60kg/10a 牛糞堆肥 約4-5t/10a 一部圃場のみ、窒素5kg/10a追肥（尿素現物約10kg/10a）
品種	34N84（RM108、パイオニアエコサイエンス）
種子粉衣	キヒゲンR-2フロアブル クルーザーFS30
栽植密度	播種機の設定約7,100粒（条間75cm×株間19cm）
播種日	2020年5月8日
播種機	プラウ耕体系：真空播種機（OPTIMA4N、クバンランド）
除草剤：	土壌処理剤：モーティブ乳剤 茎葉処理剤：アルファード液剤

表Ⅱ-8 岩手県紫波町における作業

月 日	作 業 内 容	備 考
3月31日	サブソイラ	
5月上旬	堆肥散布→ボトムプラウ→施肥作業→播種床造成	
5月8日	播種作業	
	鎮圧作業	
播種後	除草剤散布	モーティブ乳剤
6月10日	一部圃場、追肥	窒素5kg/10a
6月18日	除草剤散布	アルファード液剤
9月28日	収穫	表Ⅱ-9参照
収穫後	残程処理	

表Ⅱ-9 岩手県紫波町における圃場毎の収量

圃場 状態	圃場 番号	圃場面積 (a)	コンバイン収量	
			(kg/10a : 水分15%)	(kg/10a : 生重)
排水 良好	1	26	780	883
	2	26	703	793
湿害	3	36	389	432
	4	25	540	598
	5	27	405	450

Ⅲ. 水田転換畑における子実用トウモロコシの高速作業体系の導入手順、想定される導入先

1. 水田転換畑における子実用トウモロコシの導入手順

(1) 実需先の確保

子実用トウモロコシ栽培を始める際にはまず売り先を確保する必要があります。売り先は、畜産農家（肥育牛、乳牛、養豚、養鶏）や飼料会社、食品会社、農協等が考えられます。東北地域では、同じ地域内の耕種農家と畜産農家との相対取引が中心です。一般的な実需先の多くは年間を通じて子実用トウモロコシを利用しているため、通年供給が求められます。しかし、耕種農家にとって、栽培面積や設備の面を考えると最初から通年供給をすることは極めて難しく、小ロットから一緒に取り組んでもらえる実需先が望ましいです。

(2) 実需先に合わせた調製・保管

実需先と相談して、調製方法と保管方法を決めます。調製方法は、乾燥とサイレージの2種類あり、機械装備がそれぞれ異なります。乾燥の場合は、水稻や大豆、麦等で使われている循環式乾燥機等を汎用利用することができ、耕種農家の機械装備で行えます。最近では、外国製のモバイルドライヤーによる高速高温乾燥技術も注目されています。サイレージの場合、耕種農家が一般的に装備していないラッピングマシンやグラブ、粉碎機等が必要であり、畜産農家との連携が求められます。サイレージ調製には、東北研で開発されたフレコンラップ法が高速作業体系に適しています。

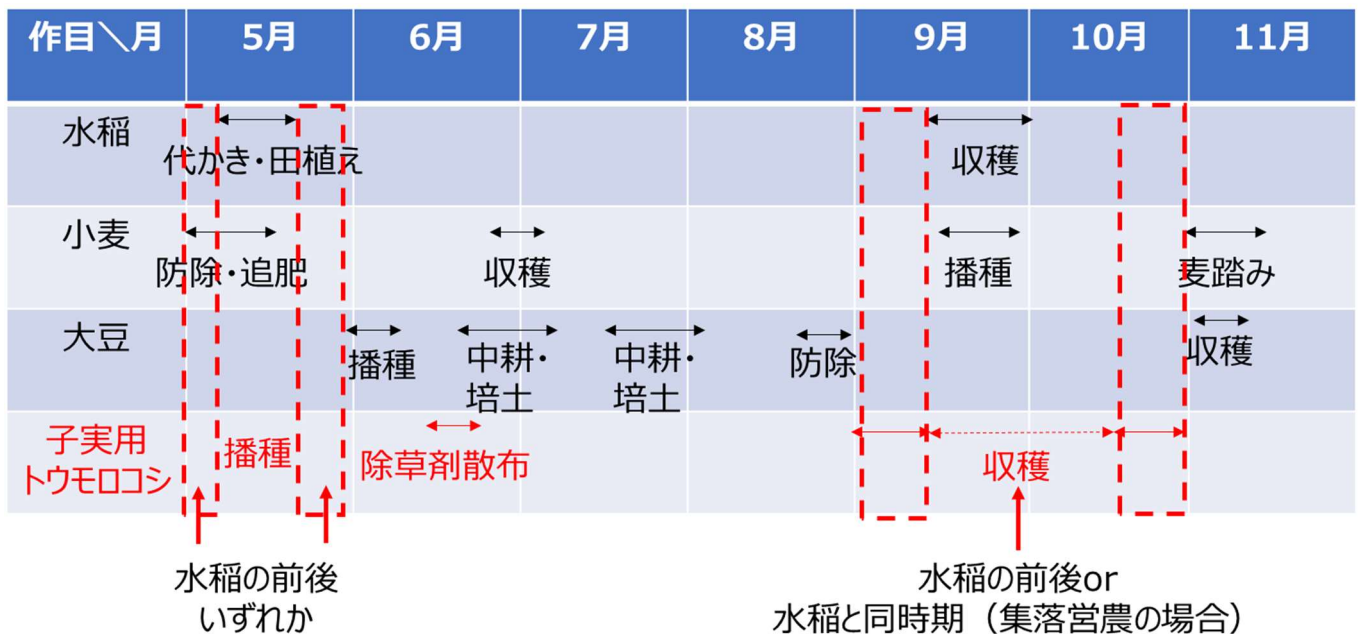
調製方法と並行して保管方法についても検討します。乾燥後のトウモロコシはフレコン等で保管しますが、屋外での貯蔵は不可能であるため、屋根のある貯蔵庫での保管が必要です。また畜産農家への子実用トウモロコシの供給は通年が望ましいですが、東北南部では乾燥したトウモロコシ子実を常温常湿下で保管した場合、梅雨頃からの品質劣化が報告されています。一方、サイレージ調製であれば、屋外での保管が可能であり、1年程度であれば問題なく使用できます。

(3) 調製方法を乾燥とした場合の面積拡大方法

乾燥調製の場合、乾燥機と貯蔵場所の確保が必須であり、ハード面の装備が求められます。水稻や大豆、麦等の乾燥に用いられている国産循環式乾燥機を用いることができますが、トウモロコシ子実が混入する恐れがあるため水稻との共有は敬遠される傾向であり、大豆や麦と共有される場合が多いです。一方、子実用トウモロコシ用に1-2年で乾燥機や貯蔵施設を設けることは難しい場合が多いです。そこで、屋外貯蔵が可能かつ貯蔵施設が不要で、畜産農家との連携で調製が可能なサイレージを用いて実需先の要求量に応じて面積を拡大しつつ、乾燥機や貯蔵施設を揃えていく方法が考えられます。乾燥の場合、飼料として給与する場合には圧ペンや粉碎などによる加工や、配合飼料との調製が必要であり、加工時のロット（例：圧ペンする際に1ロットが10tである場合、腐敗する前に加工済みの全量を消費できるだけの実需の確保が必要です。）も考慮する必要があります。

(4) 作期の選定

実需先、調製と保管方法が決まった後に作期について検討します。導入経営体における子実用トウモロコシ以外の作物の作期を勘案して、子実用トウモロコシの播種時期と収穫時期を決めます。播種時期と収穫時期を決めたら、作期に適した相対熟度のトウモロコシ品種を選定して栽培を始めます。品種や播種時期にもよりますが、目安としては、地域のホールクroppサイレーシ用トウモロコシの収穫期の2~4週間後が子実トウモロコシの収穫期になります。例えば図Ⅲ-1の例において東北北部で想定される作期を考えてみますと、播種時期は水稻の代かき・田植え作業の前後いずれかになります。収穫についても同様に基本的には水稻の前後になり、水稻後であれば大豆前に収穫する場合があります。また、集落営農で人手の確保が可能であれば、水稻の収穫と同時期に子実用トウモロコシの収穫を行っている事例もみられます。



図Ⅲ-1 東北北部で想定される作期の一例

2. 想定される導入先

(1) 大規模経営体や畑作物を導入した輪作体系を行っている経営体

先に述べたように、子実用トウモロコシは他の土地利用型作物の水稲、麦、大豆と比較して省力管理が可能な作物です。そこで、100ha 以上の大規模経営体において、今後、土地が集約化される場合に耕作放棄地を防ぎつつ、水田基盤を維持する場合に有効な作物の一つになります。また、大豆や麦等の畑作物を組み込んだ輪作体系を行っている生産者にとって、作業競合を避けられる新たな輪作作物として、また連作障害を回避して後作での収量を安定させる際の輪作作物として導入が考えられます。実際に、北海道と東北地域では小麦の連作障害回避かつ収量の高位安定のために子実用トウモロコシを組み込んだ輪作体系が行われています。さらに、子実用トウモロコシは大豆と機械の汎用利用を行えるため、初期投資を少なく抑えることができます（大豆を収穫する約 100 馬力級のコンバインをお持ちの場合、新たに導入が必要な機械はスナッパヘッダ（商品名：コーンヘッダー、P51 参照）のみになります。ただし、2022 年時点では国内農機メーカー 1 社のみになります）。

(2) 現状の労働力で増え続ける農地を維持する場合

子実用トウモロコシは、他の土地利用型作物である水稲や大豆、麦と比較して管理作業時間が少ないです。したがって、農業従事者数の減少に伴い、担い手に農地が集まるが、労働力を増やせないというような場合に省力管理が可能な子実用トウモロコシの導入が有効と考えられます。

(3) 中山間地域で増え続ける遊休農地を生産基盤として維持する場合

中山間地域で農地が集約する場合、事務所から遠方にある水田での水稻の水管理や大豆の中耕・培土等の適期作業は大きな負担となります。そこで、事務所から遠方にある水田に省力管理が可能な子実用トウモロコシを栽培することで、農地の荒廃を防ぐことができます。ただし、中山間地域ではクマやイノシシ等の鳥獣害対策についても留意する必要がありますので他の作物に準じて対策を行ってください。

(4) 連作障害回避等を目的として輪作体系における新たな作目として導入する場合

大豆で連作障害を回避するには適切な輪作が望ましいです。子実用トウモロコシは、大豆と播種機やコンバイン、乾燥機の汎用利用が可能なので大豆との輪作体系における新たな作目として有効と考えられます。

IV. 技術の導入手順

1. 本体系で必要な作業機の一例

チゼルプラウ：8本爪超混タイプ（型式：C258EB、スガノ農機（株））

希望小売価格：約 85 万円

販売：各地域の農機店にお問い合わせ下さい。

パワーハロー：型式：HRB302、クーン

希望小売価格：約 186 万円

販売：各地域の農機店にお問い合わせ下さい。

真空播種機：NG plus 4（肥料ホッパなし）、モノセム

希望小売価格：約 300 万円

販売：各地域の農機店にお問い合わせ下さい。

国産汎用コンバイン：YH1150、ヤンマー（株）

希望小売価格：約 1650 万円（税別）

YH700、ヤンマー（株）

希望小売価格：約 875 万円（税別）

スナッパヘッダ（商品名：コーンヘッダー）：

YH700 用（型式 CH3R、700MT-JP）、ヤンマー（株）

希望小売価格：約 140 万円（税別）

YH1150 用（型式 CH3R、1150A-JP）、ヤンマー（株）

希望小売価格：約 150 万円（税別）

別途、ジョイントキット（約 8 万円、型式：DS1150A）とコーン基本
キット（37 万円。型式：CH1150AK、B）が必要。ただし、コーン基
本キットは大豆キットの有無によって必要機材が異なり、価格が異なる。

詳しくは農機メーカーにお問い合わせ下さい。

販売：各地域の農機店にお問い合わせ下さい。

参考資料

1. 尾崎政春 2015. 道央地域における子実用トウモロコシ利用の取り組み. 北畜草会報 3: 72-77.
2. 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（農研機構中央農業研究センター刊、2019年3月）
https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/files/sijitotoumorokosimanual20190425.pdf
3. フレコン法活用マニュアル（農研機構東北農業研究センター）
https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/130163.html
4. 水田フル活用による野菜・果樹、子実用トウモロコシの生産拡大
https://www.maff.go.jp/j/seisaku_tokatu/suiden_kosyueki.html
5. 2018年度研究成果情報「水田転換畑におけるプラウ耕体系による子実用トウモロコシ生産」
<https://www.naro.affrc.go.jp/org/tarc/seika/jyouhou/H30/seika-index.html>
6. 2018年度研究成果情報「汎用循環式乾燥機によるトウモロコシ子実の乾燥および水分推定手法」
<https://www.naro.affrc.go.jp/org/tarc/seika/jyouhou/H30/seika-index.html>
7. 2019年度研究成果情報「水田転換畑でのプラウ耕によるトウモロコシの倒伏軽減効果」
<https://www.naro.affrc.go.jp/org/tarc/seika/jyouhou/R01/seika-index.html>
8. 2020年度普及成果情報「水田転換畑でのプラウ耕体系とスナツパヘッドを用いた子実用トウモロコシの高速作業体系」
https://www.naro.go.jp/project/results/4th_laboratory/tarc/2020/20_003.html

9. 2020 年度研究成果情報「スナップヘッドを装着した国産汎用コンバインで子実用トウモロコシの収穫能率が向上する」
https://www.naro.go.jp/project/results/4th_laboratory/tarc/2020/tarc20_s04.html
10. 2020 年研究成果情報「東北地域における子実用トウモロコシの生産と子実サイレーシ調製に係る費用」
https://www.naro.go.jp/project/results/4th_laboratory/tarc/2020/tarc20_s09.html
11. 「籾米サイレーシ調製の高能率化技術—無破碎・無脱気法ならびにフレコンラップ法—」標準作業手順書（2021 年 4 月）
https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/files/SOP20-031K20210428.pdf
12. トラクタで利用できる浅層暗渠施工器～暗渠の施工と排水機能の維持管理～改訂版（農研機構東北農業研究センター刊、2016 年 2 月）
https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/files/tractor_to_install_underdrain.pdf
13. 「カットシリーズ」を用いた営農排水施工技術」標準作業手順書（2020 年 12 月）
https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/files/SOP20-013K20201207.pdf
14. 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>（2021 年 3 月）
https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/files/nilgs-corn2019.pdf
15. 濃沼圭一・池谷文夫・伊東栄作 1998. 引倒し力によるトウモロコシの転び型倒伏抵抗性の非破壊・計量的検定法. 日草誌 43: 424-429.

担当窓口、連絡先

外部からの受付窓口：

農研機構 東北農業研究センター 研究推進部事業化推進室 019-643-3407

Eメール：jigyoka@ml.affrc.go.jp



「農研機構」は、国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネーム（通称）です。