

特集 雑穀・豆類の機械化

新しい機械の開発・改良とその利用 —アワ・ヒエ・キビ—

岩手県における雑穀栽培の機械化について

岩手県農業研究センター県北農業研究所 作物研究室

上席専門研究員 中西 商量

1. はじめに

雑穀栽培の盛んな岩手県では1900年前後（明治時代）にヒエ、アワ、キビの栽培面積が最大となったが、その後減少し、特に1955年（昭和30年）以降は耐冷性水稻品種の登場や、葉たばこやホップなどの工芸作物の導入により大きく減少した。しかし、1985年（昭和60年）頃から消費者の健康志向、本物志向により、雑穀本来の栄養的価値が見直され、その後、水田転作への導入も図られたこともあり、栽培面積は増加した。（表1）

岩手県内では、畑栽培中心に多作目を生産している県北部、水田転作でのヒエ、ハトムギを主とする県中南部の2つの産地がある。

2. 岩手県における雑穀に関する試験の経緯

岩手県では、旧県立農事試験場において1918年（大正7年）頃から1956年（昭和31年）までヒエ、アワの品種試験が実施され、1970年（昭和45年）

以降は県立農業試験場県北分場（現・県北農業研究所）において試験研究が再開された。1980年（昭和55年）代は青刈りヒエの機械化栽培、1994年（平成6年）からはアマランサス導入とその機械化栽培に関する研究およびアワ、ヒエ、キビの優良品種選定に関する研究、2001年（平成13年）からは水田実取ヒエの機械化に関する研究や病害虫防除、オリジナル品種育成、畑雑穀の機械化に関する研究などが実施され、現在まで多くの試験研究が実施されてきた。（表2）

3. 雑穀栽培の機械化

雑穀栽培は主に畑地で行う直播栽培と湛水した水田で行う移植栽培があり、前者は雑穀全般いずれの作目でも行われてきた栽培技術である。後者は湛水状態で生育できるヒエ、ハトムギに限られている。県北農業研究所では、畑雑穀については直播栽培の機械化に取り組み、水田ヒエについて

表1 岩手県の雑穀栽培面積の推移

（単位：ha）

品目	年 次											
	2001 平13	2002 平14	2003 平15	2004 平16	2005 平17	2006 平18	2007 平19	2008 平20	2009 平21	2010 平22	2011 平23	2012 平24
ひえ	98	125	130	152	143	105	123	179	216	215	158	71
あわ	29	19	18	43	63	92	92	84	86	79	62	62
きび	22	18	33	73	78	82	120	132	142	123	71	68
はとむぎ	47	50	91	87	109	142	168	193	226	233	186	207
アマランサス	13	6	10	19	21	32	20	15	25	26	16	23
たかきび	5	8	5	5	8	9	18	12	11	24	27	13
六穀の合計	213	227	287	379	421	461	541	614	706	700	521	444

注) 岩手県農産園芸課調べ

表2 岩手県における雑穀栽培の機械化に関する主な研究成果数とその内容
(1994年(H6)以降)

年次	研究成果数*	内容
1994(H6)～1999(H11)	4	アマランサスの収穫、調製の機械化技術および普通畑作物の大型機械化体系
2001(H13)～2005(H17)	4	ヒエの水田移植栽培に関する機械化技術(育苗、移植、収穫、乾燥調製など)
2006(H18)～2009(H21)	8	主にアワ、キビを対象に畑直播栽培に関する中型機械化体系(畑地を主体としたキビ、アワ栽培における、播種～除草～収穫・乾燥・調製など)
2011(H23)～2013(H25)	3	雑穀の畑地での移植栽培及びその機械化技術(移植栽培を組み入れた輪作体系や移植栽培の抑草効果など)

*：岩手県研究成果区分の4区分のうち「普及」、「指導」のもの(「研究」、「行政」は除く)

は水稻と同様の機械移植技術の開発を行ってきた(表2)。ここでは、畑雑穀と水田ヒエそれぞれの栽培の機械化について述べる。

(1) 畑雑穀栽培の機械化

畑地での雑穀栽培は古い歴史があり、耕耘機やトラクタなどによる耕起作業以外は手作業による伝統的栽培法が今も守られている地域がある一方、担い手による規模拡大に対応した機械化栽培技術を開発するとともに収益性の高い作物(葉たばこ、野菜など)と雑穀を組み合わせた畑輪作体系の確立が必要と考えられた。

当研究所では岩手県で栽培されているヒエ、アワ、キビ、タカキビ、エゴマ、アマランサスの6作物を対象として機械化栽培技術について研究を進めてきた。機械化にあたってはすべての雑穀で利用できる汎用性の高い機械選定が望ましいことから、極小粒で機械化が最も困難であるアマランサスを対象として試験した。その結果、真空播種機による機械播種から乗用型管理機による機械除草、汎用コンバインによる機械収穫、改良揺動型比重選別機による機械調製までの機械化体系を作成した(1997年)。この技術によれば小麦や大豆などの普通畑作物と雑穀を組み合わせ、汎用コンバインを用い、最大120ha程度の機械化栽培が可能である(1999年)。

しかし、このような大型の営農が取り組みがたいこともあり、個別担い手農家が個々に取り組める中型機械化体系のニーズが高まった。雑穀作付面積が増加し、連作ほ場や地域での雑穀栽培の比率が高まるにつれ、雑草害や病虫害による収量、品質への影響が顕著になり、耕種的防除の重要性

が増してきていること、雑穀は使用できる農薬が極めて限られており、岩手県北部では無農薬栽培を原則としていることから、2006年以降、虫害軽減を考慮した雑穀の播種量や機械による雑草防除などの試験研究が実施された。これらの試験研究を体系的に整理し、2009年には畑雑穀栽培の中型機械化体系を県内農家向

けに示した(「キビ、アワの機械化栽培マニュアル」、2009年)。この中から①播種、②除草(中耕・培土)、③収穫、④乾燥・調製について順を追って紹介する。

① 播種

まず、間引きを前提にする場合の播種量はアワであれば0.8kg/10a、キビであれば1.2kg/10a、ヒエであれば0.7kg/10a程度を播種することとしている。それに対し、間引きを省略できる播種法として、真空播種機やロール式播種機(播種ユニット3連)による機械播種があり、従来手作業の10aあたり24時間に対し30分程度で播種できる。(図1)

真空播種機を用いる場合には野菜用標準ノズル(0.6mm、2穴)で真空圧500Aq(最低圧)、株間5cm×2粒、作業速度0.7m/s程度とする。ロール式播種機は、アワでは2mm径の30穴ロールを用いて株間2cm、キ



図1 ロール式播種機

ビでは2.5mm 径の20穴ロールを用いて株間3 cm 程度とする。ヒエは芒（のぎ）のあるものも多く不整形であるためロール式播種機での播種には向かない。

アワの場合には、播種量が多くなるほど生育不良により出穂できない茎が多発したり登熟が十分に進まずに減収する可能性もある一方、播種量が少ないとアワノメイガの加害により倒伏の可能性が高くなるため、0.4kg/10a の条播が適正である。キビの場合にも0.4kg/10a 条播すると、間引きを実施しなくても安定した苗立ちが確保でき、倒伏も少なく、比較的高い収量が得られる。

② 除草（中耕・培土）

雑穀畑栽培では、機械的な中耕・培土作業により除草が実施されているが、最初の中耕・培土作業が遅れると、雑草生育が旺盛になり、雑穀の生育を妨げ、機械除草で手取り除草と同等の効果をj得ることは難しい。その対策として播種前の耕起・整地を丁寧に行い、播種後20日頃の早い時期の中耕・培土（早期培土）とその7日後に行う通常培土（1～2回）を組み合わせることにより、手取り除草による栽培の約80～95%の収量を確保することができる。

早期培土作業では、培土板を装着せずに特殊爪のカルチのみを用い、雑穀の下葉を1～2枚隠す程度に軽い培土を行う。（図2、3）

歩行型管理機（中耕ロータリ1連）、乗用型



図2 早期培土作業に利用する特殊爪



図3 早期培土作業後の状態

管理機（中耕ロータリ3連）のいずれでも対応可能であるが、作業可能面積は歩行型は2 ha 程度まで乗用型は2～5 ha 規模である。機械除草では、播種時にまっすぐに播種できていないと除草精度が悪くなるので、播種作業は丁寧に行うことが必要であり、歩行型よりも作業時の機体の揺れが大きい乗用型管理機による除草の場合は特に注意する。

作目により異なるが、キビについては播種直後に中耕作業を組み合わせることでイネ科の抑草率が増加し、さらなる抑草と収量向上が期待できる。

また、詳細は後述するが、畑移植栽培が直播栽培に比べ、高い抑草効果を発揮することがわかってきている。

③ 収穫

雑穀の機械収穫に適した作業機には、長稈に対応でき、培土後の畦高も乗り越えることのできる普通型コンバインや高刈りバインダーがある。自脱型コンバインは稈長が130cm 以下であれば対応できるが、160cm 以上では収穫時の損失が大きく、収穫困難となる。

普通型コンバインは、雑穀が倒伏角度20° 以下のとき、作業速度0.4～0.9m/s であれば作業能率は20～40分/10a で、全損失はキビが10.5%、アワが18.5%である。

普通型コンバインによる収穫作業のポイントは、㊶収穫時期はアワ、キビともに成熟期



図4 デバイダ改良前のアワ収穫の様子(左)と改良後(右)

に達してから始め、収穫期間はキビが約1週間、アワが約2週間であること、①傾斜畑では機械的損失が多くなること、②コンバインのデバイダ部分に改良を施すことで、倒伏した株を引き起こすことによる刈取り部への引き込み株の増加、リールサイドカバー隙間への株の挟まりが減少し、機械的損失が低減することなどがあげられる(図4)。また、収穫作業前には、刈取り時の機械的損失低減のために倒伏させないように株元までしっかりと培土することも大事な準備作業である。

④ 乾燥・調製

コンバイン収穫した子実は静置式の通風乾

燥機で乾燥する。雑穀は粒が小さいので乾燥機の網から子実が漏れることを防ぐために寒冷紗などを敷く必要がある。

また、ヒエについては改良した循環型穀物乾燥機が利用可能であり、粗選機、インペラ型初摺り

機、揺動型比重選別機を用いることで乾燥・調製を体系化でき、1日あたり玄穀500kg処理できる(図5)。循環型乾燥機は、送風ファンの大風量化と風胴部の網目を1mm程度のものに改良することで子実が網目から漏れるのを防いで循環し、毎時乾減率0.6%程度で乾燥できる。脱ぶ粒率が80%を超えるようにするために、仕上がり水分は12~13%とする。

以上のように、機械利用による効率化、省力化を進めることにより、畑雑穀栽培における機械化体系が確立されてきている。

(2) 水田ヒエの機械化栽培

ヒエは畑地でも栽培できるが、水稲と同じく湛水状態でも生育できる。ヒエの多くは長稈であり、脱粒しやすいものであるが、短稈で脱粒しがたいヒエ品種「達磨」を用い、水稲用の既存機械を活用した栽培体系を技術開発してきた(表3)。

半もち性で食味に優れ、短稈の岩手県のオリジナル品種「ねばりっこ1号、2号、3号」(2008年育成)のうち、水田栽培に適した「ねばりっこ2号、3号」が達磨と同様、移植栽培されている。

4. 畑雑穀栽培への移植技術の導入

これまで岩手県の雑穀栽培において、水田ヒエの移植栽培を除き、畑栽培では雑穀種子を直接播種する直播栽培が基本であった。しかし、畑栽培では低温時の発芽不良

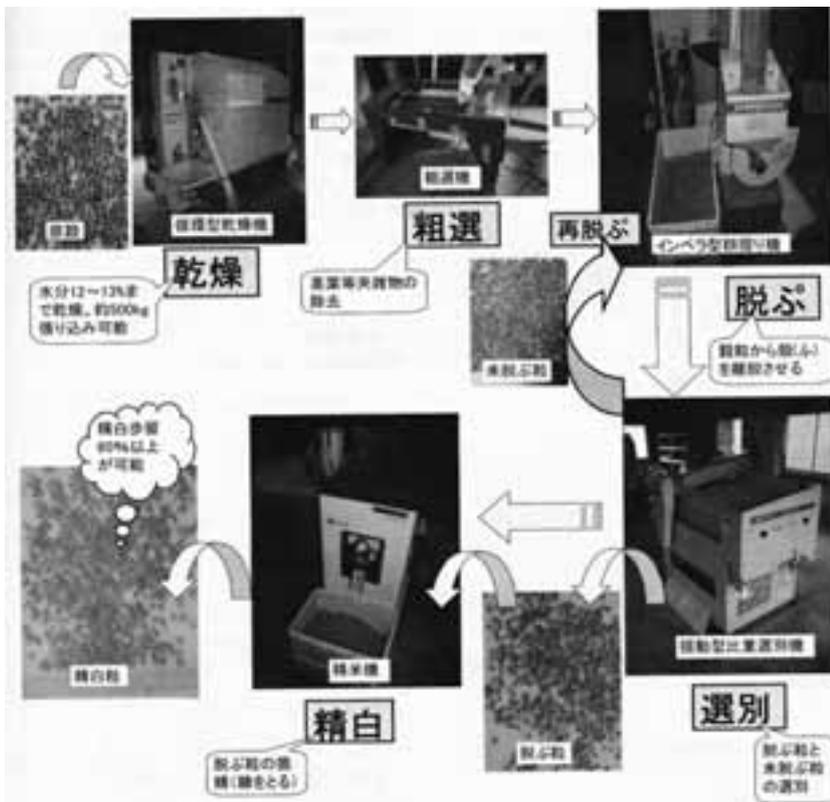


図5 ヒエの乾燥調製技術の機械化作業体系の流れ

表3 ヒエの無農薬水田移植栽培技術

	作業の種類	作業の内容
播種 育苗	用土	人工培土（山土は使わない）
	播種量	20g/箱（乾籾、風選済み）、種子消毒・浸種・催芽は不要
	箱数	23箱/10a
	出芽法	加温（30℃、40時間）または無加温、出芽長0.5cm
	育苗法	ハウス平置きまたはプール育苗、育苗期は水稻よりも低温で管理
	育苗日数	20～25日（2.5～3.0葉）
移植	施肥	N-P2O5-K2O 4-20-10
	移植	移植機による移植、軟弱苗、老化苗は植え痛みが激しい
中間管理	雑草防除	除草機（人力、動力）により移植1か月後に1～2回
	病虫害防除	通常は問題にならない
	鳥害防止	出穂期以降、防鳥ネット、爆音機等を設置する
収穫 調整	収穫	自脱コンバインは刈高をやや高くする
	乾燥	風胴部を1mm網に交換した循環型穀物乾燥機
	風選	水稻より風量を弱くする
	籾摺り	穀粒水分12%に子実をよく乾燥させる
	精白	防糠網および研米ロールを雑穀用に交換する



図6 ヒエの水田移植栽培（田植え機による移植）

表4 移植栽培と直播栽培の除草作業

	耕起	出芽前中耕	間引き	早期培土		仕上培土
				1回目	2回目	
	播種・移植前	播種後2～3日	早期培土の前	播種後20～25日	1回目の7～10日後	早期培土の7～10日後
移植栽培	必須	不要	不要	不要	必須	必要に応じ
直播栽培	必須	必須	必要に応じ	必須	必須	必要に応じ

注)早期培土は、キビは草高4cm、アワは草高3.5cm程度で作業可能。

による苗立ち本数の不足や初期害虫の食害による株の枯死、雑草害などによる収量や品質の低下がたびたび起こり、その回避技術として移植技術の確立が求められてきており、2008年(平成20年)頃から畑雑穀の移植栽培技術が試験されている。

(1) 移植栽培技術のメリット

移植栽培では雑草の発生前に苗を移植するため、雑草害を回避でき、生育初期の害虫による食害を回避できる。

【メリット1】移植栽培は直播栽培に比べて雑草発生量を抑え、除草労力を軽減する。

苗を移植するため雑草発生前に中耕・培土ができ、株際まで土寄せできることから、雑草発生量を低減させることができる。表4に示したとおり、移植栽培では直播栽培に比べて、作物と雑草の生育相が異なるため、1回目の機械的除草が効果的に行うことができる。

また、成熟期の残草量を比べてみると、移植栽培は株間の手取り除草を実施したものと同等程度に残草量が少ない(図7)。なお、表4には播種後日数により大まかな目安を示しているが、最も重要なことは「雑草が見える前に1回目の除草をすること！」である。

【メリット2】移植栽培は直播栽培に比べて収量が高い。

成熟期の残草量の少ない移植栽培の収量が残草量の多いものに比べて高い。(図7、8)

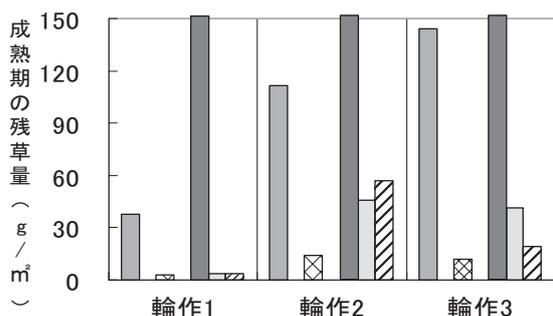


図7 移植栽培と直播栽培の残草量比較

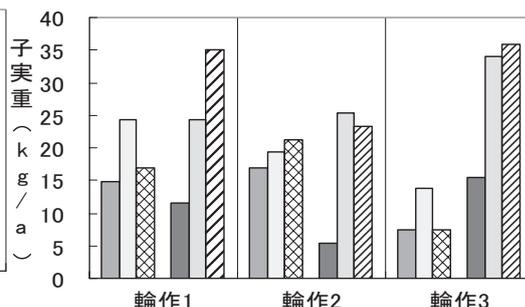


図8 移植栽培と直播栽培の収量比較

※同一圃場2年輪作試験、平成22年・23年、移植区は200穴セルトレイによる苗
 輪作1 H22:キビ→H23:アワ、輪作2 H22:ヒエ→H23:キビ、輪作3 H22:アマランス→H23:カキビ
 ※凡例の「H22直播(手)」、「H23直播(手)」は、機械除草に手取除草を加えた試験区



【メリット3】アワおよびキビの移植栽培では、直播栽培に比較してヒサゴトビハムシ（図9）による被害が低減する。

直播栽培では5月中旬播種でも5月下旬播種でも被害茎数は50%を超えるのに対し、移植栽培は半分以下の22%に低減されている。低減される要因は不明であるが、植物体が大きいため産卵が少なくなること、幼虫が食入できなくなること、食入しても発育できないことなどが考えられる。

【メリット4】アワ、キビは6月中旬まで移植栽培が可能である。

直播栽培では5月下旬～6月上旬までが適正播種期であるが、移植栽培では6月中旬でも降霜までに成熟期に達する。6月中旬に移植した場合の成熟期は、キビは9月上旬、アワは10月中旬である。これにより、圃場作業を分散拡大

できる。

(2) 畑雑穀の移植栽培技術

移植栽培を実施するためには育苗が必要であり、どのような育苗方法が移植栽培に適するか検討が必要である。水稻や水田ヒエのように散播育苗した場合も移植可能であるが、活着できずに枯死してしまう場合がある。そこで、根鉢形成して乾燥に強いと考えられる野菜育苗で用いるセルトレイにより育苗する方法例を以下に示す。

育苗の作業手順は、①セルトレイへの培土充填、②底面給水、③植え付けのためのくぼみをつけ、④雑穀種子を播種し、⑤手作業で覆土する。その後、⑥20℃の育苗機に24時間静置し、⑦ビニールハウスにて20日間育苗を基本とする。

移植栽培の導入にあたっては、育苗や移植作業での労力が必要となるが、移植栽培による増収程度、除草労力の軽減効果、間引き作業の不要化等を考慮して採否を判断することが必要である。（表5）

アワ、キビの移植栽培は株間15cm（栽植密度10.3株/m²）のとき安定的に収量を確保できる。また、株間25cm（栽植密度6.2株/m²）のときも直播栽培並以上の収量を確保できる（図10）。株間10cm（栽植密度15.4株/m²）とした場合、収量は株間15cm、25cm並みであるがm²あたり穂数が多くなり、キビの適正穂数を超えるため、倒伏による減収リスクが高まる。株間25cm（栽植密度6.2株/m²）より疎植の場合、アワノメイガ加害による穂数減少のため、減収リスクが高まる。



図9 ヒサゴトビハムシの成虫と食害痕



図11 雑穀の移植機（左：簡易移植機、中：半自動移植機、右：ポット成苗田植え機）

る。また、傾斜地では操作者の体力により、作業能率が大きく異なるものと思われる。

② 200穴セルトレイ育苗による半自動移植機活用

半自動移植機は、野菜移植用として用いられる移植機であり、動力で移植する。一人が操作し、もう一人が苗を植え付け口に投入し、覆土輪により押さえつけていく。雑穀の育苗では、20日間育苗することで十分な根鉢が形成され、傾斜地でも上り下りとも植えつけできるが、土壌状態や圃場の傾斜によりスリップする場合もある。植え付け間隔の機械設定は18cm が最も適している。

移植時期が遅れた場合にも、特に問題はないが、苗が大型化し、老化苗となるため、植え痛みを生ずる。作業時間は3時間/10a、200穴セルトレイ40枚/10aを使用する。

③ 448穴セルトレイによるポット成苗田植機活用

県北地域で導入台数の多いM社製の水稻移植用のポット成苗田植機の植え付け部を一部自主改造して畑地で汎用利用を図る。改造ポイントは、①植え付け爪の形状変更、②植え付け爪表面のシリコンスプレー塗布などによるコーティング、③植え付け爪の泥付着防止のためのブラシ取り付け、④畦間65cm程度（慣行栽培の畦間）となるように苗押し出し棒の片側を切断、⑤植え付け姿勢向上のための覆土輪取り付けなどである。

育苗は、水稻のように土壌に密着させて置床する育苗方法（地床育苗）ではなく、土壌に密着させず箱を浮かせてパイプ棚などに置床する方法（棚置き育苗）が適する。棚置き法により20日間育成した場合、地上部の生育

を抑え、なおかつ十分な根鉢が形成され、最適な栽植密度である15cm ピッチに近い移植が可能である。

移植時期が遅れた場合でも、特に問題なく、移植適期の幅が広い。また、10°の傾斜地でも上り、下りとも植え付けが可能である。

自主改造による利用であるが、正常移植株率が約9割に向上し、30分/10aほどの作業能率、448穴セルトレイ18枚/10aが見込まれるところまで改良できている。

移植栽培は直播栽培と比べて利点も多いが、育苗や移植にかかる時間や経費がかさむといった欠点もあり、圃場条件（雑草の発生量、傾斜度、一筆面積など）や栽培規模、労働力などが導入する場合の選定要件となる。雑穀栽培が直播栽培から移植栽培にすべて置き換わることもないと思われるが、移植栽培と直播栽培を組み合わせ、最大の利益を生むバランスを探ることが必要である。

移植栽培はまだ検討中の課題でもあり、今後さらに導入しやすい技術にブラッシュアップしていくことで生産者の期待にこたえる技術としていくつもりである。

5. おわりに

これまでに、機械化に関する試験のほか雑穀栽培面積の拡大に伴う特定の病虫害や雑草の増加を抑える輪作技術なども提示してきた。新たな試みとして2012年(平成24年)からは生産者や機械メーカー、関係機関と共同で「雑穀栽培低コスト化研究会」を定期的開催し、課題の抽出や評価を行っている。この検討の中から新たなニーズに基づく課題解決にも取り組み始めており、生産者が利用しやすい技術の開発に今後も心がけていきたい。