

水稻湛水直播の技術開発の現状と方向

農業研究センター 梶木信幸

水稻直播栽培は、新情勢を迎えた水田農業のキーテクノロジーと位置づけられ、研究・行政・普及機関が一体となり各地で精力的な検討が進められている。現段階では不安定要因の克服、導入場面の位置づけ等解決すべき問題点も多いが、関係者の努力によりその導入は着実に進展するものと考えられる。本稿では、その中でとくに湛水直播について栽培管理を中心とした技術開発の現状を述べるとともに、今後の展開方向についての考察を行った。

1. 湛水直播の種類

現在各地で多様な直播方式が試みられている。これらの技術開発を推進するために、農業研究センターにおいては平成7年に、「水稻の直播様式の分類および表記法の統一」を試験研究推進部会において提案し、各方面に協力を要請している。それによると、直播の分類を湛水直播と乾田直播の二つに大別し、湛水直播を「播種前に湛水を伴う播種様式」と定義づけている。以下の記述はこれに従って行っている。

湛水直播は播種時の圃場条件、播種法、作業管理方式等で多くの選択肢があり、その内容が細かく分化して多くの種類がある。それらを把握する一方策として、播種法により五つに類別化し、それらの特徴を概説した。

1) 不耕起播種

前作の刈株または立毛間に入水し、不耕起状態で播種する。歩行型あるいは乗用管理機による溝切り播種が一般的であるが、散粒機による散播も試みられている。二毛作田や地耐力が低い湿田等に適しているが、不耕起であるので漏水や雑草防除に注意を払う必要がある。

2) 耕起代かき作溝播種

代かき後に落水し、土壤がある程度固まった後に作溝播種する。播種機としては、乗用管理機に装着した作溝播種機、湛水土中直播機（専用機）あるいは側条施肥田植機を改良したものが用いられている。溝内の表面播種であるので出芽がよく、また自然覆土によるある程度の倒伏抑制効果が期待できる。留意点として、作溝性能が土壤水分・前作物の影響を受けやすいので、条件設定を十分に行う必要がある。

3) 耕起代かき土中播種

代かき同時あるいは代かき後に種子を強制的に打ち込むかまたは播種後の覆土を行う。播種機としては、トラクタや乗用管理機に装着し、種子に機械的に加速度を付けて播種する打ち込み式播種機、空気圧を利用して播種する空気加速型播種機、溝切り播種・覆土を行う湛水土中直播機（専用機）等が用いられている。種子を確実に土中に播種するので倒伏抑制効果が高い。また打ち込み播種では複数種子がある程度の広がり度で点播されるため移植に近い生育相を示す

とともに、耐倒伏性をさらに高める効果がある。土中播種のため、落水管理等により出芽性を高める必要があることが留意点となっている。

4) 耕起代かき表層播種

代かき後に種子を自然落下により播種する。播種機としては、背負い式、乗用管理機、トラクタに装着した散粒機、有人（無人）ヘリ等により散播するもの、あるいはトラクタ・乗用管理機に装着した播種機で条播するものがあり、その仕様・性能は多彩である。とくに散播は播種作業における大規模低コスト効果が大きく、湛水直播としては現在最も多く行われている。留意点としては、種子が土壌表面に播種された場合は出穂後の倒伏が問題となることがあげられる。粉衣種子で土層に貫入した場合は、結果的には土中播種と同様であるが、作業性の違い等から播種法としての一応の区別を行った。

5) 耕起無代かき播種

耕起後に均平あるいは作溝機により溝付けを行い、入水して無代かき状態で播種を行う。播種機としては、背負い式、乗用管理機・トラクタに装着した散粒機、有人（無人）ヘリ等が利用される。無代かきであるので、湛水直播の中では最も大規模栽培向きであるが、漏水や倒伏に留意する必要がある。

2. 湛水直播に適応した品種

直播適性品種の育成が全国の国公立試験研究機関で進められている。開発の方向として、現在の良食味品種育成の枠組みの中から、直播に適した品種・系統を選んでいくとともに、長期的には外国品種の中から特定の優れた形質を導入して、集積していくことが行われている。

1) 良食味直播適性品種

すでに移植で普及している品種の中で直播に

向いたものとして、どまんなか、キヌヒカリ、どんとこい、葵の風、ヒノヒカリ等が用いられている。これらの品種は良食味であるとともに、短稈、耐病虫性、耐倒伏性であり、直播が遭遇する不安定条件にも適応する特性を有している。地域銘柄品種の育成が進展する中で、今後新しい品種が次々に育成される見通しにある。

2) 直播適性形質の導入

湛水直播に必要な品種特性の中で最も重要である転び型倒伏抵抗性に関しては、その検定法が確立されるとともに、高度耐倒伏性の有望系統や中間母本が育成されている。出芽苗立ちでは、低温出芽に関してロシア・ヨーロッパ等の高緯度地帯の低温成長力の高い品種が利用されつつある。土中出芽性は湛水直播特有の課題であり、検定法と高出芽性の探索が進められている。この他、直播水稻の生育特性の改良を目標とした草型および分げつ特性、雑草との競合特性等の検討も行われている。収量性に関しては、超多収プロジェクトの中で育成され、多収性が実証されたふくひびき、タカナリ等の品種が直播条件下でも高収を示すことが明らかにされている。

3. 湛水直播の栽培管理

移植栽培と異なり、直播栽培では本田に直接播種するので、様々な栽培形態の選択が可能である。とくに湛水直播においては、播種作業において規定される乾田直播よりもその自由度が大きく、栽培管理も一律の指針として統一できない面がある。

1) 栽植様式・播種密度

湛水直播における栽植様式には、散播、条播、点播がある。空間配置からみると、散播は個体毎に独立し、条播は一定方向に連続する。点播

は1ヶ所に複数粒播種されるので、移植における株と同様の生育経過を示すものと考えられる。散播は条播、点播に比較して茎数の発生が多く、生育量の確保には有利であるが、有効茎歩合が低下すること、条播でも条間が狭くなると散播の生育特性に近づくこと等が認められている。

播種密度との関連では、最適とされる苗立ち数の変異は大きく、㎡当たり30～300本という結果が出されている。一方、苗立ち数と収量の関係については、幅広い範囲であり変化しないが、倒伏は高密度ほど著しいという結果が多く出されている。このことから、最適苗立ち数（播種量）設定の差は、品種の倒伏抵抗性、気象、鳥害等の影響、栽培者の心理等を総合的に勘案した結果を反映しているものと考えられる。

栽培管理からみた場合、栽播様式・播種密度の差は水稻の生育特性に影響を及ぼし、それに応じて施肥・水管理がかわってくるので、その設定には十分に考慮を払う必要がある。

2) 施肥管理

水稻の本田における開始が稚苗→乳苗→直播と若齢化するほど基肥量が減少している。この理由は分げつの発生が旺盛であるためである。とくに直播では移植栽培では通常は休眠する第1節からの分げつ発生も認められ、過剰分げつによる過繁茂と倒伏に結びつきやすい。従って、基肥減肥により生育の適正化を図る必要がある。

追肥は、苗立ちの不均一を是正する意味で分げつ肥、中間追肥、穂肥が施用されているが、移植とは異なり、状況による変化が大きいため一般的なマニュアル化が困難である。乾田直播と同様に緩効性肥料も一部で用いられているが、耐倒伏性を見地からは、水稻の生育経過をみて行う後期追肥重点型が安全と考えられる。

3) 水管理

播種後の初期生育における水管理は出芽・苗立ちに及ぼす影響が大きい。従来は播種後保温のために浅水管理し、その後根を土壤中に貫入させるための一時落水（芽干し）を行う方式が多かったが、最近では播種後落水あるいは無湛水（入水しない）にする方式に変わってきている。その期間は概ね3～7日であるが、潤土管理と称して3週間程度入水しないものもある。播種後落水では地温は湛水管理より低く出芽速度は遅くなるが、土壌表層の酸化還元電位が高くなり、苗立ち率が向上する。水稻の生育も冠根の発生密度および発根量が増加して、浮苗、転び苗の発生が減少するとされている。

初期水管理は生物害発生の影響も大きく受け、カモ、雀等による鳥害、スクミリングガイによる食害等に応じた管理が行われている。

分げつ期以降の水管理は水稻の生育制御を目的としている。とくに倒伏しやすい湛水散播においては、分げつ期から長期間落水管理を行うことにより、弱勢になりやすい2次分げつの発生が抑制され、根が土壌の下層まで発達して倒伏程度が減少することが認められている。また一方では、高密度播種で過繁茂を抑制するために、分げつ期に深水管理を行う例もある。

4) 作業管理

作業管理の技術開発は専ら大区画圃場を対象としている。直播で問題となる圃場の均平化に関しては、作付前に接地圧が小さいゴムクローラ型トラクタにレーザー光利用のプラウ・均平機を装着して、高精度で能率的に行うことが可能となってきた。

防除、施肥等の中間管理作業においては、乗用管理機またはトラクタを一貫して利用する圃場内管理方式、無人（有人）ヘリを利用する航

空管理方式が行われている。圃場内管理では水田と農道が直結した農道ターン方式、水田内に溝型の走行路（トラムライン）を設けて管理作業を行う方式等が開発され、省力・効率化が図られている。

水管理における省力化はとくに大区画圃場において重要な課題である。このため、給排水の自動化のための技術開発が進められている。また、給水口を利用した除草剤や肥料の流入施用技術も開発されている。

4. 湛水直播の防除技術

基本的には現行の移植栽培におけるものを適用できる。ここでは湛水直播栽培に特有の技術を中心としてとりあげた。

1) 鳥害・貝害

直播水稻の出芽阻害要因として、鳥害は将来的には規模が拡大すれば解消するとしても、導入段階では大きな問題となっている。鳥の種類としては、カモ、雀、ハト、カラス等であり、その中でカモは主として北日本で湛水条件、雀は全国的に落水条件での被害を与えている。対策としては、播種期選定、種子埋没や水管理等による耕種の防除、爆音機や夜間点滅器等による物理的防除、警告音や鳥類剝製等による生物的防除が行われている。しかしいずれも効果が不安定であり、全国一律の防除法はなく、地域の条件に応じた防除技術の採用が必要である。

外来生物であるスクミリングガイは九州を中心とした西日本一帯の湛水直播において、出芽した水稻を食害する。対策としては、作畦や網による侵入阻止、落水管理等の耕種の防除、石灰窒素、キタジンP、殺貝剤等による化学的防除が行われている。

2) 雑草害

湛水直播では、播種直後から水稻の苗立ちにかけて処理するピラゾレートやスルホニルウレア系の除草剤が使用されているが、湛水条件下で施用されるので乾田直播より比較的に処理効果が高い。しかし播種後落水管理が一般的になると、処理効果が不安定になりやすいので、除草剤の選定、処理時期や処理後の水管理に注意が必要とされている。

生育中後期の雑草防除に関しては、広葉雑草にはベンタゾン、葉齢の進んだノビエ対象としてはシハロホップブチル等が用いられている。また乗用管理機による管理作業体系の中で、除草機をかける機械除草も検討されている。

除草剤の剤型の改良も進んでおり、1キロ剤、フロアブル剤、ジャンボ剤等、処理の省力化をめざしたものが普及に移されている。

3) 病虫害

湛水直播の出芽時にピシウム属菌等によって発生する苗腐敗病への対策としては、酸素発生剤粉衣時に殺菌剤をあわせて処理することが効果的とされている。ばか苗病やもみ枯れ細菌病は移植のように苗の除去ができないため、種子消毒で十分に防除する必要がある。いもち病は直播水稻が過繁茂になりやすいこと、移植水稻と生育相がずれること等から罹病しやすいとされている。対策としては、常発生地域では予防的防除を行うことが勧められている。過繁茂条件下で多発する紋枯病、水媒伝染性の白葉枯病にも注意が必要である。

虫害では、苗立ち期にイネミズゾウムシ、ドロオイムシの被害が大きい場合には、殺虫剤の水面施用が行われている。また、ハモグリバエも湛水直播で多くなるとされている。その他、メイチュウ、ツトムシ、カメムシの防除が適宜

行われている。

5. 今後の展開方向

湛水直播の技術開発は精力的に行われており、今後多方面にわたった技術革新が期待される。ここではその中のいくつかについて、やや将来を想定し、可能性を含めた展開方向について述べる。

1) 出芽性向上技術の開発

出芽・苗立ちの安定化は湛水直播における最重要課題である。品種育成では、耐倒伏性については解決の方向にあるので、今後は低温出芽性や土中出芽性等に重点をおいた検討が望まれる。栽培面では酸素発生剤が湛水直播の導入に大きな寄与をしているが、これに加えて幼芽や根の伸長を促進する植物生長調節剤等の開発と利用が期待される。一方ではまた、直播用種子調整法の検討あるいは出芽初めの機械播種技術の開発等も、出芽性向上に有効と考えられる。

鳥害・貝害等の阻害要因については、耕種の防除とともに、生物特性を利用した新しい防除技術が開発されることが望まれる。

2) 栽培管理技術の高度化

移植栽培においては生育診断技術が確立され、地域の生産の安定化が図られている。湛水直播水稻は移植水稻よりも生育の変動が大きく、栽培管理により一層の考慮が必要である。従って、状況の変化に適合した生育診断技術を確立する必要がある。さらに直播の優位性は大規模栽培においてより発揮されるので、大規模水田における生育モニタリング技術の確立、管理作業技術体系の高度化が重要である。また栽培管理面

では、局所管理を組み合わせた不均一栽培管理技術等も省力化の一つの方向と考えられる。

3) 環境保全型防除技術

現行の直播栽培は省力低コストではあっても、資材は多投入型となっている。このためとくに防除面では施用回数の削減に重点を置く必要がある。病虫害では、発生予察の高度化、効力の長期持続型農薬、生物防除技術、耐性マルチライン等の開発が期待される。とくに生育初中期の防除では、種子粉衣に防除等を組み込んだ多機能コーティング技術も有効と考えられる。雑草害では、水管理等による耕種の防除、高度選択除草剤、雑草抵抗性品種、機械除草技術等の開発を行うとともに、これらを組み合わせた総合的な防除技術を確立する必要がある。

6. おわりに

以上のように、湛水直播の技術開発は着実に進展しており、生産の安定化に寄与している。今後はこれらの成果を現場に適用して普及を拡大することが焦点となる。その際、直播を単に大規模低コスト向けとしてだけでなく、例えば中山間における水田の維持、多用途米の生産等、個別的かつ多様な場面に適用することが重要である。また、ほぼ全国一律ともいえる移植栽培と異なって、直播栽培は地域の条件に左右される場合が多い。従って、地域に適合する直播方式を選択するとともに、それをさらに改良することも必要となってくる。この過程においては、農家、普及、試験研究機関が一体となって検討し、技術の適用性を高めていく必要があると考えられる。