

AWD 節水灌漑技術に関する研究レビュー

Review of Alternate Wetting and Drying (AWD) water-saving irrigation

Key words: AWD, Irrigation, Paddy water management

水環境工学分野 稲垣 郁哉

1. はじめに

米は小麦、トウモロコシとともに世界三大穀物と呼ばれており、年間生産量は約7億2000万トンである。2025年には人口増加に伴い、米の生産量を60%増加させる必要があるといわれている。地球規模での人口増加に伴い懸念される食糧不足、水資源不足といった問題を軽減するために、今後は稲作において「節水管理」を行うことが必要不可欠である。さらに、不適切な水管理は、肥料や農薬成分の流出に伴う水質汚染、温室効果ガスの放出等、環境に大きな負荷を与えるため、「環境配慮型節水管理」の実践が重要な課題となっている。

「環境配慮型節水管理」に関する近年の研究をみるとAWD (Alternate Wetting and Drying) がキーワードとなっている。AWDは常時湛水を避け、湛水の消失後に灌漑するもので湛水と非湛水を繰り返す間断灌漑技術であり、連続湛水灌漑 (Continuous Flooding:CF) による稲作に比べ、水を節約できると報告されている。

本稿では、AWDに関する既往研究を概観し、水管理、使用品種、播種方法、肥料管理、環境負荷との関係についてまとめた。

2. レビュー方法

Web of Scienceにおいて、「AWD, irrigation」をキーワードとして検索し、本稿の趣旨に合致した25本の論文を対象にレビューを行なった。調査対象地は、中国(揚子江流域)、フィリピン(国際稲研究所:IRRI)、インド(パンジャブ大学・国立中央稲研究所)、ウズベキスタン(ホレズム州)、セネガル(セネガル川デルタ)、ベトナム(メコンデルタ)、インドネシア(ロンボク島)であった。調査地ごとの論文の本数を図1に示す。

3. レビュー結果と考察

3.1 AWD での水管理

AWDにおいても、播種直後の数日間は通常のCFと同様の水管理を行う。その後は、作土が特定の乾燥限度に達したら灌漑を行う。乾燥限度の指標としては、主に土壌水分ポテンシャルや地表面からの水位が用いられる。例えば、15cm深さのポテンシ

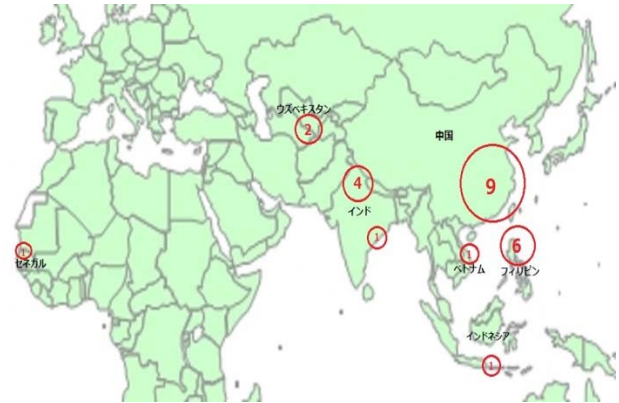


図1 レビュー対象論文の調査地とその本数

ルが-20kPa以下になったら湛水するという閾値が設定される。また、出穂期や開花期は稲にとって水分が最も必要な時期であり、ここでの水不足は幼穂の伸長に影響するためAWDにおいてもこの期間には湛水する場合がある。その後、CFと同様に収穫の約1週間前に落水する。以上が、AWDにおける基本的な水管理の流れである。

また、AWDにおいて収量を維持、または増加させるためには、前提条件として圃場の地下水位が浅い必要があるというのが一般的な見解である。

3.2 AWD と使用品種

江蘇省(中国)の揚州大学の調査区において節水型耐乾燥性イネ(Water-saving and drought-resistant rice:WDR)「HY8」と高収量イネ「LXY18」の収量の違いを比較したところ、AWD区では「LXY18」の収量が15.3~21.6%減少した一方で「HY8」の収量はほとんど変化しなかったため、収量は「HY8」の方が9.2~13.4%多く、水生産性(灌漑水量+降水量に対する収量の比)は9.0~13.7%高くなった。これは、AWD下ではWDRの根の生長が促進され、水分や栄養素の吸収が高められることが原因であると考えられる。

3.3 AWD と播種方法

パンジャブ農業大学(インド)とIRRIで行われたAWDと播種方法(苗移植と直播)と代かきの有無の組み合わせによる灌漑水量の変化についての調査の結果^{2),3)}、AWDでは播種方法に関わらずCFよりも灌漑水量が減少するが、それぞれの播種方法と

AWD の相性は圃場環境によって変化することが示された。

3.4 AWD と肥料管理

葉緑素量 (SPAD 値) が AWD におけるイネの窒素管理に使用できるか否かについての調査が IRRI において行われた⁴⁾。その結果, SPAD 値を利用した窒素肥料管理は AWD 下でも実行可能であった。また, SPAD 値と leaf color chart (LCC) の間にも高い相関が見られ, AWD においては LCC を利用した窒素肥料管理も有効であるということが示された。

AWD には肥料の吸収効率を高める働きもあるため, SPAD 値や LCC を用いた肥料管理方法と組み合わせることにより, AWD の普及がより現実的なものとなるであろう。

3.5 AWD による環境負荷

図2はロンボク島(インドネシア)の試験上にて CF 区と AWD 区の CH₄ と N₂O の放出積算量を示したものである⁵⁾。CF 区における CH₄ 放出量の地球温暖化ポテンシャルは AWD 区の約5倍の値を示した。一方, N₂O 放出量は, 常時湛水区では吸収を示したのに対し, AWD 区では吸収量の約5倍の放出量を示した。しかし, N₂O の放出量増加より, CH₄ 放出量削減の効果の方が圧倒的に大きく, CH₄ と N₂O を合わせた積算地球温暖化ポテンシャルは, CF 区が AWD 区の2.5倍となった。

また, 長江デルタ地方(中国)の南西部の景山と双橋の農業研究所において AWD が N と P の表面流出量に及ぼす影響を調査した結果⁶⁾, N の表面流出量と P の表面流出量はそれぞれ 23.3~30.4%, 26.9~31.7%減少した。

以上より, AWD は温室効果ガスの発生と肥料成分の流出による水質汚染を抑制できることが示された。

4. おわりに

先行研究をまとめた結果, 土壌, 気候, 目的(収量, 水生産性, 環境負荷軽減のどれを重視するのか)に適した品種, 乾燥閾値を用いて AWD 灌漑を実施することで灌漑水量, 施肥量, 環境負荷の削減と収量の維持, あるいは増加を同時に達成することが可能であることが示された。しかし, 現時点では AWD についての研究は現象論的なものがほとんどで, 科学的な検証が未だ不十分な状況にある。また, 今回レビュー対象とした研究は全て, 数 m×数 m あるいは一筆単位の調査用区画を対象に行われており, 地区レベルでの実践的な調査に関する報告はない。AWD の正確な収量メカニズムの解明と普及のためには, 土壌学・作物学・農業土木学・農村社会学などの分野を超えた研究協力が必要である。

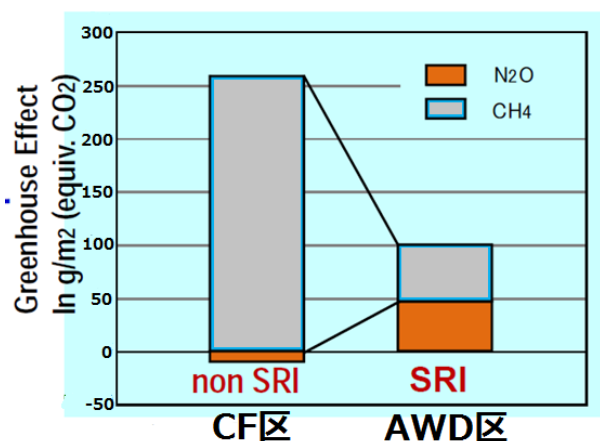


図2 インドネシアにおける CF 区と AWD 区におけるメタン及び亜酸化窒素ガスの放出積算量

参考文献

- 1) Chu, G; Chen, T; Wang, Z; Yang, J; Zhang, J.,2014. Morphological and physiological traits of roots and their relationships with water productivity in water-saving and drought-resistant rice. *Field Crops Reserch.*162,108-119.
- 2) Sudhir-Yadav, Gill, G., Humphreys, E., Kukul, S.S., Walia, U.S., 2011a. Effect of water management on dry seeded and puddled transplanted rice. Part I: crop performance. *Field Crops Reserch.* 120, 112-122.
- 3) Sudhir-Yadav; Evangelista, G; Fardnilo, J; Humphreys, E; Henry, A; Fernandez, L.,2014. Establishment method effects on crop performance and water productivity of irrigated rice in the tropics. *Field Crops Reserch.*166,112-127.
- 4) Cabangon, R. J.; Castillo, E. G.; Tuong, T. P.,2011.Chlorophyll meter-based nitrogen management of rice grown under alternate wetting and drying irrigation. *Field Crops Reserch.*121,136-146.
- 5) 木村園子・ドロテア・登尾浩助(2011)「SRI と土壌環境」:『農業革命 SRI 飢餓・貧困・水不足から世界を救う』, J-SRI 研究会編, 241-256 頁.
- 6) Liang, X. Q.; Chen, Y. X.; Nie, Z. Y.; Ye, Y. S.; Liu, J.; Tian, G. M.; Wang, G. H.; Tuong, T. P.,2013. Mitigation of nutrient losses via surface runoff from rice cropping systems with alternate wetting and drying irrigation and site-specific nutrient management practices. *Environmental Science and Pollution Reserch.*20,6980-6991.