

環境負荷の低減に役立つ省資源型の水稲栽培システムの開発

山形大学大学院農学研究科 ○村松 亜由美
 山形大学工学部 佐々木 貴史
 山形大学農学部 梶原 晶彦
 山形大学農学部 渡部 徹

1. はじめに

下水処理水は水量や水質が安定しており、これを農業活動に再利用することは、異常気象や水質汚染に起因する灌漑用水の不足によって作付が制限されている地域で特に有効である¹⁾。それらの栄養塩が水稲に吸収されることによる下水処理水の水質改善²⁾も見込まれる。我々の研究グループは、灌漑用水を循環利用することで、さらなる灌漑用水量の削減と灌漑用水中の肥料成分の効率的な吸収を狙い、下水処理水の水質改善と水稲栽培を両立させる循環灌漑システムの開発を目指している。本研究では、システム開発の基礎実験として、水田模型を利用した下水処理水の循環灌漑による水稲栽培実験を行い、その結果から、①循環灌漑による下水処理水の水質改善効果、②灌漑用水からの窒素除去と植物の窒素吸収を検証することを目的とした。

2. 方法

2.1 実験装置

灌漑用水を循環利用する水田を模した実験装置(図-1)を使用した。貯水タンクに灌漑用水を貯め、その灌漑用水をポンプアップして水田模型に連続的に投入した。水田の下部には暗渠を設置し、常に水田土壌を浸透した水がこの暗渠から排水され、貯水タンクに戻るようにした。土壌表面から5cmのところ放流口を設け、田面水の水位を常に5cmとなるようにし、放流口越流水も貯水タンクに戻る。

2.2 実験条件(表-1)

1年目の実験では上述の実験装置を3系列用意し、うち2つ(系列A、B)には灌漑用水として下水処理水30Lと用水路の水30Lを混ぜて使用した。残りの1系列(系列C)では用水路の水のみ60Lを使用した。下水処理水を利用する2系列のうち、系列Aには水稲を移植し、系列Bには移植をしなかった。系列AとCには水稲4株(苗5本で1株)を平成

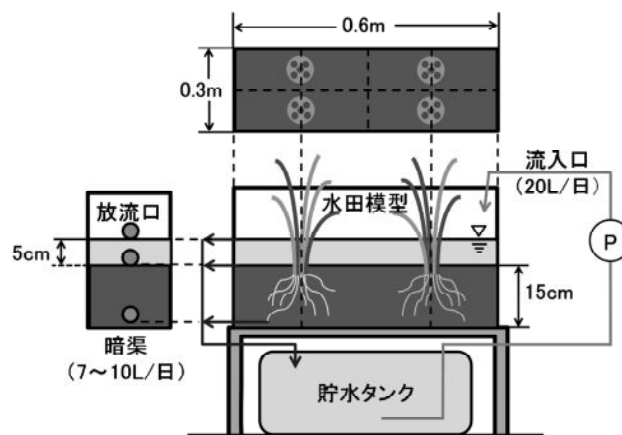


図-1 実験装置概要

23年5月31日に移植した。水稲の生育に重要なN、P、Kの成分は、慣行に倣いそれぞれ1080mg/系列を投入した。系列AとBでは、Nの必要量の全てを下水処理水でまかない、PとKには、下水処理水のみでは不足するため化成肥料で補充した。系列CではN、P、Kの必要量全量を化成肥料で与えた。栽培開始時の実験装置内には60Lの灌漑用水があったが、蒸発散により水量が減少したため、農場の用水路水を追加した。7月5日から10日までの6日間は、水田の水を抜き、土壌を乾燥させる「中干し」を行った。

2年目も上述の同じ実験装置を3系列用意し、1つ(系列D)には下水処理放流水と用水路の水を混ぜて使用した。残りの2系列(系列E、F)には下水二次処理水と用水路の水を混ぜて使用した。実験開始時(5月24日)には、上記の通り下水二次処理水、下水処理放流水、あるいは用水路水からなる灌漑用水を100L投入した。このときの下水処理水の割合(23.5~24.5%)は、処理水由来の窒素が慣行の窒素施肥量(N: 4.5kg/ha)²⁾と同じになるように決定した。リン酸とカリウムについては下水処理水の含有量では不足するため、化学肥料で不足分を補

表-1 1年目及び2年目の実験条件

系列	A	B	C	D	E	F
下水処理水による灌漑	有	有	無	有	有	有
下水処理水の塩素消毒	有	有	—	有	無	無
中干し	有	有	有	有	無	有
水稲の移植	有	無	有	有	有	有
窒素肥料(mg)	0	0	1080	0	0	0
土壌の種類	乾燥土	乾燥土	乾燥土	湿潤土	湿潤土	湿潤土

った。7月17日から22日までの6日間には、系列DとFにおいて中干しを実施した。系列Eでは中干しを行わなかった。中干し終了時の7月22日には、追肥(N:1.5kg/ha)の目的で下水処理水6.1~6.2L(貯水タンク内の窒素残存量に応じて調整)をすべての系列に追加投入した。貯水タンク内の灌漑水量は田面からの蒸発散によって日々減少するため、農場の用水路水をすべての系列に追加した。

2.3 測定項目

栽培開始時から、貯水タンク内の灌漑用水の水温、pH、DO、TNを定期的に測定した。このうち、水温、EC、pH、DOは現場で測定し、TNはTOC計(島津、全有機態炭素計TOC-VCSV)を用いて測定した。

3. 結果及び考察

3.1 下水処理水中の水質改善効果

系列AのTN濃度は、栽培開始1週間後(6月7日)には18.2mg/Lであったが、中干し時(7月7日)には9.4mg/Lまで減少した。系列CのTN濃度も、同時期に15.8mg/Lから9.9mg/Lまで減少した。水稻栽培に再利用されることにより、確かに下水処理水中の窒素が除去され、下水処理水の水質が改善された。

次に蒸発散による水量の変化を考慮した正味の窒素の除去量を算出する。実験開始時に投入された窒素(1080mg)はその後、肥料成分として水稻に吸収される他、水田土壌に吸着されたり、土壌中での脱窒反応によって大気中に放出される。系列Aにおける栽培開始から中干し終了までの全窒素濃度の経時変化を図-2に示す。中干し時には水田模型から水が抜かれ、灌漑用水のほとんどが貯水タンクに貯められ、このときタンク内に存在していた窒素量は、系列Aでは142mg、系列Cでは143mgであった。すなわち、栽培開始から1ヶ月余りの期間で、系列Aでは938mgの窒素が除去され(除去率91.5%)、系列Cでは937mgが除去された(除去率90.9%)。一方、水稻を移植しなかった系列Bでは、この間TN濃度にほとんど変化がなかった。この系

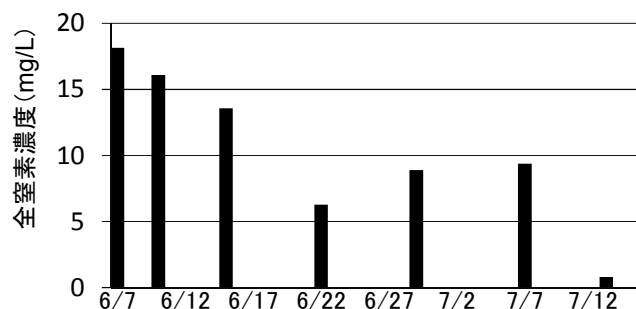


図-2 系列Aにおける貯水タンク内の全窒素濃度の経時変化

列Bでは、水田土壌に根の伸張による間隙が形成されず、6月25日頃から灌漑用水の土壌浸透が止まり、灌漑用水は水田の表面を流れるだけとなった。この結果、系列Bでは水稻による窒素吸収がないうえに、土壌への窒素の供給が制限され、脱窒反応による窒素除去も系列AやCに比べて少なかったことが予想される。

3.2 水からの窒素除去と植物による窒素吸収

灌漑用水の窒素濃度は水稻の生育にともなって低下した。窒素負荷量で計算すると、下水処理水として投入された窒素のうち96%が、実験期間を通じて除去された。この除去率は3つの系でほぼ同一であり、実験条件による影響がなかった。

系列D~Fにおける灌漑用水からの窒素除去量と植物体による窒素吸収量を図-3に示す。灌漑用水からの窒素除去量は965~995mgであったが、植物体(水稻と雑草)による窒素の吸収量は1300~1600mgであり、投入量より多かった。これは、土壌や田面水の窒素固定細菌による窒素の供給によるものと考えられる。現在土壌窒素含有量を測定している。系列Eの水稻の窒素吸収量が系列Fより高かったのは、乾物重が高かったためと考えられる。

4. まとめ

下水処理水を灌漑用水として水稻栽培に利用することにより、下水処理水中の窒素成分が除去され、水質が改善されることが分かった。一方で、除去された量よりも多くの窒素が水稻に吸収されており、大気および土壌との窒素の授受に焦点を当てた研究を現在実施中である。

5. 参考文献

- 1) 田中宏明, 岡本誠一郎: 世界で進展する農業灌漑用下水再生プロジェクト, 水土の知, Vol.79, No.11, pp.809-812, 2011
- 2) S. Li, H. Li, X. Liang, Y. Chen, Z. Cao, Z. Xu: Rural wastewater irrigation and nitrogen removal by the paddy wetland system in the Tai Lake region of China, *Journal of Soils and Sediments*, Vol.9, pp.433-442, 2009

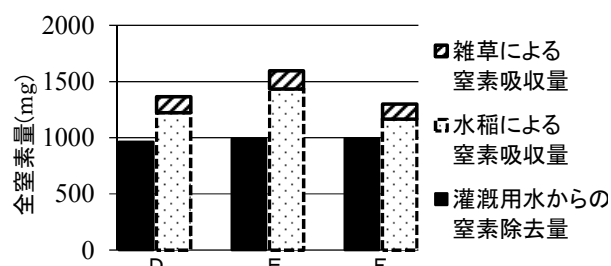


図-3 各系列における灌漑用水からの窒素除去量と水稻と雑草による窒素吸収量