

エンサイ栽培試験による農業集落排水処理水の生育効果の検討

Study on growth effect of wastewater in rural sewerage facility by the Chinese spinach cultivation examination

○ 中野拓治*, モハメド アムザド ホサイン*, 中村真也*, 治多伸介**, 山岡 賢***, 大山盛嗣****
 NAKANO Takuji, Md. Amzad Hossain*, NAKAMURA Shinya*, HARUTA Shinsuke**,
 YAMAOKA Masaru***, OYAMA Moritugu****

1. はじめに

近年、ISOによる下水処理水の灌漑利用に向けた国際基準策定の動向等に対応して、農業用水としての再利用を図るための調査研究が国内外で積極的に進められている。農業集落排水施設は、全国で2015年には5,170地区が供用を開始しており、灌漑用水としての再生利用が求められる一方で我が国の処理水の再生利用に係る研究は水田が中心で畑地灌漑を対象にした処理水の再生利用に向けた体系的な調査研究はなされておらず、科学的知見の集積も進んでいないのが現状である。農業集落排水処理水の畑地灌漑用水としての再生利用を図るためには、処理水水質と畑作物の生育効果の把握が必要である。本研究では、農業集落排水処理水の水質特性と作物生育効果について、エンサイの栽培試験を通じた検討を試みたので、その概要を報告する。

2. 研究方法

本研究では、沖縄県糸満市喜屋武地内（以下、試験地内という）のハウス施設においてエンサイによる1/5000aポット（上径175mm×下径160mm×高さ198mm）を用いた栽培試験（2017年10月5日～2017年12月25日）を実施した。栽培試験では、農業集落排水処理水区（以下、処理水区という）、水道水対照区、地下ダム灌漑水対照区（以下、灌漑水対照区という）、及び液肥水対照区の4試験区を設定するとともに、各試験区とも5ポットとした。栽培試験は試験地内圃場のGL-0.8～1.2mの深度から採取した島尻マーヅ土壌3kgをポットに充填して供するとともに、農業集落排水処理水区の灌水には沖縄県金武町のA施設（連続流入間欠ばっ気活性汚泥法式）の放流ポンプ槽から採水した処理水を用いた。各ポットには20個のエンサイ種子を播種し、発芽後のエンサイを10株に選定して栽培試験を実施した。水質分析はJIS K 0102及び下水試験法に従って行った。さらに、実測データの重解析分析には、統計解析アドインソフトエクセル統計2015を使用した。

3. 結果と考察

(1) 農業集落排水処理水の水質特性

Table1には、農業集落排水処理水の水質データの平均値を対照区灌水の平均値と比較して示した。処理水の水温（平均値：25.2℃）は、対照区の水温条件と同じ温度水準となっている。pHに関しては、畑地灌漑用水水質基準案（以下、畑地基準という）（鈴木，1997）で6.0～8.5とされているが、処理水のpH平均値は7.96と中性域であり、畑地基準の範囲内となっている。処理水のEC平均値は35.37mS・m⁻¹で畑地基準（30mS・m⁻¹）の値を超える一方で、水稻生育に障害が出始めるとされている許容限界基準（100mS・m⁻¹）を下回っている。また、処理水のBODは3.22mg・L⁻¹（計画処理水質：20mg・L⁻¹）であり、灌漑水対照区（1.46mg・L⁻¹）や

Table1 栽培試験灌水の平均水質
 Averages of the water quality on sprinkling of cultivation examination

試験条件	処理水	水道水	灌漑水	液肥水
水温 (°C)	25.2	25.2	25.0	24.8
pH	7.96	7.71	7.84	4.47
EC (mS・m ⁻¹)	35.37	14.20	59.62	86.42
BOD (mg・L ⁻¹)	3.22	-	1.46	1.54
AIUBOD (mg・L ⁻¹)	1.40	-	0.50	0.70
N-BOD (mg・L ⁻¹)	1.82	-	0.96	0.84
T-N (mg・L ⁻¹)	7.78	0.41	9.78	128.00
Org-N (mg・L ⁻¹)	2.07	0.27	1.00	15.17
NH ₄ -N (mg・L ⁻¹)	0.27	0.02	0.01	10.82
NO ₂ -N (mg・L ⁻¹)	0.63	0.01	0.01	0.01
NO ₃ -N (mg・L ⁻¹)	6.86	0.11	8.76	102.00
T-P (mg・L ⁻¹)	1.52	0.01	0.02	30.20
K (mg・L ⁻¹)	7.90	0.85	4.35	145.00
Na (mg・L ⁻¹)	51.75	16.00	38.00	1.05
Ca (mg・L ⁻¹)	10.60	10.68	95.00	53.00
Mg (mg・L ⁻¹)	4.05	2.40	10.75	14.50
CL (mg・L ⁻¹)	59.40	24.20	59.00	1.58

*琉球大学 University of The Ryukyus, **愛媛大学 Ehime University, ***農研機構 NARO, ****エバグリーン Eve Green Corporation

キーワード：農業集落排水，処理水利用，栽培試験，畑地灌漑用水

液肥水対照区 ($1.54\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) に比べて2倍程度高い濃度水準となっている。窒素に由来するN-BODのBODに占める割合は処理水で77%であり、灌漑水対照区(66%)と液肥水対照区(55%)と同じように5割を超えている。窒素成分に関しては、処理水の全窒素(T-N)平均値は $9.78\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (計画処理水質: $15\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)であり、液肥水対照区($128.00\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)の1割弱、灌漑水対照区($9.78\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)と同じ値、また、水道水対照区($0.41\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)の24倍を示している。処理水中のT-N濃度の7割程度を $\text{NO}_3\text{-N}$ が占めており、灌漑水対照区(T-Nの9割程度が $\text{NO}_3\text{-N}$)と液肥水対照区(8割程度が $\text{NO}_3\text{-N}$)と同じような窒素形態となっている。処理水の全リン(T-P)は $1.52\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ であり、液肥水対照区($30.20\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)の5%、灌漑水対照区($0.02\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)の76倍、また、水道水対照区($0.01\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)の約152倍となっている。さらに、処理水のカリウム(K)は $7.90\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ であり、液肥水対照区($145.00\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)の5%、灌漑水対照区($4.35\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)の2倍、また、水道水対照区($0.85\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)の約9倍となっている。その他の元素では、Na, Mg, CLが水道水より多く含まれており、NaとCLは灌漑水と同程度の濃度水準となっている。

このように、水温、pH、ECの水質面から処理水は、畑地基準値、水稻生育に障害が生じるとされる許容限界値、灌漑水対照区の水質濃度等を踏まえると、作物根の栄養吸収阻害を含めて作物生育に悪影響を与える可能性は低いものと考えられる。処理水には作物生育に必要な窒素(N)、リン(P)、カリ(K)の栄養塩類等が含まれており、液肥栽培に用水を供する場合には減肥管理の必要性が示唆されるとともに、処理水を利用した畑地農地においては減肥を通じた肥料の節約に繋がる可能性がある。

(2) 農業集落排水処理水の作物生育効果

作物生育状況の指標として、エンサイ地上部植物体(5株/ポット)の重量(湿重量、乾燥重量)は、水道水対照区が最も小さく、灌漑水対照区と処理水区が同程度となっており、液肥水対照区で最も大きい値が得られた(Fig.1)。エンサイ地上部植物体の背丈、SPAD、葉面積、葉数に関しても、重量と同じように灌漑水対照区と処理水区が同程度であり、水道水対照区と液肥水対照区がそれぞれ最小、最大となっている。処理水は液肥水には及ばなかったものの、灌漑水対照区と同程度であり、水道水より作物生育に効果的であり、処理水中の元素が有効に働いたと考えられる。また、エンサイ地上部植物体の乾燥重量とSPADは、窒素(N)、リン(P)、及びカリ(K)の灌水供給量の間に正の相関が認められることから、各試験区ポット植物体の乾燥重量とSPADについて、N、P、Kの灌水供給量を説明変数に選択し、加法式を用いた重回帰分析による定式化を試みたところ、次式が求められた。

$$Y_d = 0.75T_n + 0.21T_p + 0.10T_k + 3.6 \quad (1)$$

$$Y_s = 0.12T_n + 0.35T_p + 0.16T_k + 26.2 \quad (2)$$

ここで、 Y_d :ポット植物体の乾燥重量(g/pot)、 Y_s :ポット植物体のSPAD、 T_n :灌水N供給量(mg/pot)、 T_p :灌水P供給量(mg/pot)、 T_k :灌水K供給量(mg/pot)。

このときの自由度調整済重相関係数は、それぞれ0.996、0.994であり、実測値と計算値はよく一致しており、ポット試験のエンサイ生育量は灌水期間中の窒素(N)、リン(P)、カリ(K)に係る供給量から一定の精度で推定できることが示唆された。

4. まとめ

農業集落排水処理水の生育効果に関する検討結果と知見が、今後、処理水の灌漑用水としての再生利用に向けて活用されることが期待される。

謝辞:本研究を行うに際して、糸満市土地改良合同事務所と金武町上下水道課の皆様には、多大のご協力を得た。また、本研究は、文部科学省研究費(基盤研究(C)、課題番号16K07946)の補助を受けた。記して感謝の意を示します。

引用文献

鈴木 光剛(1997):畑地かんがい用水基準(試案)について—霞ヶ浦用水地区を例として—,平成9年度農業土木学会大会講演会講演要旨集,422 - 423

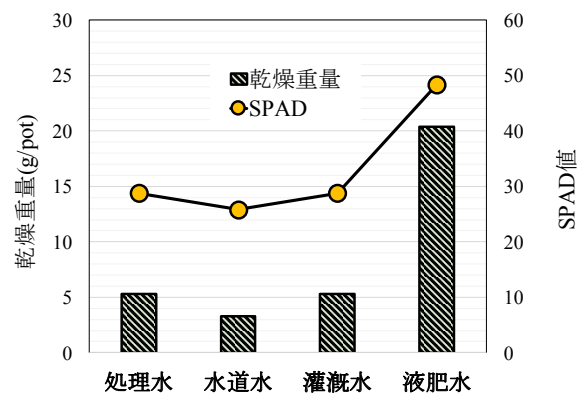


Fig.1 収穫時作物生育結果
Effects of different water treatments on SPAD value and dry yield of Chinese spinach at harvest time