

建構植生緩衝帶降低水稻田逕流水營養鹽之研究

嚴國恩¹、潘光琦¹、徐仲禹^{2,*}、李光中³

¹花蓮區農業改良場研究助理

²花蓮區農業改良場助理研究員

³國立東華大學自然資源與環境學系副教授

*e-mail: pudding726@hdares.gov.tw

摘要

近年來我國的耕地面積逐漸減少，肥料施用量卻逐漸攀升，過量施肥可能會導致土壤鹽化、水源污染及湖泊優養化等污染。植生緩衝帶 (Vegetated Buffer Strips) 是常見的減少農業水源污染的方法，本研究於臺灣花蓮縣豐濱鄉臨海的新社水稻梯田，於該區域地勢低窪、逕流水匯流處，以種植水薤菜來建立植生緩衝帶，減少臨海農業活動造成海洋污染的可能。一期作調查結果顯示，水稻種植期間，本研究設置植生緩衝帶，於施肥過後可有效減少逕流水中銨態氮，最多達 89 % 的削減率。逕流水中硝酸態氮則在濃度較高時植生緩衝帶有表現出緩衝效果削減率達 68 %，但濃度較低的時期水稻田與植生緩衝帶無顯著差異。

關鍵詞：植生緩衝帶、農田逕流水營養鹽、水稻

前言

農業發展當中，肥料扮演非常重要的角色，可補充作物所需的養分，增加作物的品質與產量。然而，依行政院農業委員會農糧署統計，我國 1947 年農作面積約為 125 萬公頃，平均每公頃施用 0.105 公噸的肥料，而 2016 年我國農作面積為 74 萬公頃，平均每公頃施用 1.33 公噸的肥料。施肥是農業活動造成環境污染的主因之一 (Buckley and Carney 2013; Kleinman *et al.* 2011)，過量施肥可能會導致土壤鹽化、污染水源及造成湖泊優養化等污染 (Smith and Schindler 2009)。

在各種減少農業活動造成的環境污染對策當中，植生緩衝帶 (Vegetated Buffer Strips) 常被應用於減少農業造成的水源污染。植生緩衝帶較容易建立且維護的成本較低，因此在歐美地區都有廣泛的應用。植生緩衝帶為在農田逕流水的末端種植植物來吸收養分或其他污染物質，含有多餘的營養鹽或污染物質的農田逕流水，在流經植生緩衝帶時透過密集的植物體阻擋逕流水的流動，水中的養份可以為植物或是微生物吸收過濾後再流入自然環境中，減少農田逕流水對周遭環境的污染 (Habibiandehkordi *et al.* 2017)。

新社部落位於臺灣花蓮縣豐濱鄉，部落於臨海地區種植水稻，部落族人除了農耕外亦靠捕魚維生。部落居民擔心臨海梯田的農業活動是否可能影響海洋生態。近年來部落農友開始從事友善及有機栽培，希望能減少農業活動對海洋生態造成的影響。本研究以新社部落臨海的水到梯田為研究區域，於當地農田中建立植生緩衝帶並評估其成效，協助部落能在維持農業活動與生態環境保育上找到平衡點。

研究方法

本研究實驗地點位於花蓮縣豐濱鄉的新社水稻梯田，試驗田區水稻皆為有機栽培，種植之水稻品種為台南 13 號 (生育日數約為 90 天)。實驗樣區劃分為種植植生緩衝帶的處理樣區 (TA，共 6 塊田區) 與正常種植水稻的對照樣區 (TB，共 5 塊田區)。本研究以水蘗菜為植生緩衝帶作物，於 2019 年 5 月 9 日分別於 TA2、TA3、TA4 等 3 塊田區以行株距 20x20cm 種植水蘗菜，種植面積約 782.14 m²，2020 年 4 月 8 日於樣區追加種植植生緩衝帶 TA4.5 約 255 m²，TA1 與 TA5 則無種植作物；對照樣區則正常施肥種植水稻 (圖 1)。

為移除植生緩衝帶之前吸收的肥份並促進植生緩衝帶之效果，植生緩衝帶於 2020 年 3 月 11 日割除地上部 (保留根、莖)。水稻田區於 3 月 12 日開始插秧與施用基肥，並分別於 3 月 24 日、4 月 6 日、4 月 19 日施用追肥，5 月 13 日施用穗肥，一期作共施肥 5 次，施用肥料為東豐牌 NO.1 有機質肥料 (有機資審字第 100012 號，肥料品目為雜項堆肥 (5-11)，登記成分 4.9-2.1-1.9-65，原料為禽畜糞、米糠、

蓖麻粕 (25%)，每次肥料施用量約為 1 公頃 800 公斤。

研究團隊於田區插秧後以每周一次的調查頻度採取逕流水樣品，調查各試驗田區出水口處之逕流水，並於每次施肥後改以每日一次的調查頻度持續調查至少 7 日。逕流水樣本帶回實驗室並於 48 小時內分析銨態氮、硝酸態氮、亞硝酸態氮、總磷、磷酸鹽等 5 種養分含量。

統計分析方法分別計算植生緩衝帶與水稻田對照組於各次施肥後 7 日內的銨態氮、硝酸態氮 2 種養分濃度的平均與標準差，並計算植生緩衝帶對 2 種養分的削減率。使用 T-test 比較植生緩衝帶與水稻田對照組 2 種養分含量的差異。

結果與討論

研究團隊於插秧後至 6 月 18 日止共完成 52 次田間逕流水採樣，其中穗肥期間因田區水量較少多數時間的水量皆不足以採樣，穗肥期間水稻田僅有 10 筆數據。樣本數較少統計分析上會有較大的偏差，故穗肥時期並未進行統計分析，僅計算該時期的平均濃度與削減率。

首先在銨態氮的變化量方面，植生緩衝帶 (TA) 的逕流水銨態氮濃度最高測值在第三次追肥後的 TA1 田區，銨態氮測值為 1.70 mg/L；水稻田 (TB) 的逕流水銨態氮濃度最高測值在第三次追肥後的 TB1 田區，銨態氮測值為 5.44 mg/L (圖 1)。在插秧後施用基肥的期間 (施肥後 7 天內) 植生緩衝帶的 5 個田區逕流水的銨態氮濃度平均為 0.05 ± 0.08 mg/L，而水稻田的 5 個田區逕流水的銨態氮濃度為 0.10 ± 0.14 mg/L，相較之下植生緩衝帶比水稻田減少了 50% 的銨態氮濃度，但統計分析上並無顯著差異 ($p=0.057$ ，表 1)。3 次追肥期間植生緩衝帶逕流水的銨態氮皆顯著比水稻田逕流水少，銨態氮削減率達 83% 以上 ($p<0.001$ ，表 1)。施用穗肥期間，植生緩衝帶逕流水的銨態氮濃度為 0.19 ± 0.21 mg/L，而水稻田逕流水的銨態氮濃度為 0.38 ± 0.43 mg/L，植生緩衝帶銨態氮削減率為 50% (表 1)。

硝酸態氮變化量部分，植生緩衝帶與水稻田逕流水的硝酸態氮變化趨勢皆相同且測值接近，兩種處理田區的硝酸態氮的最大測值皆在 3 月 18 日為施用基肥的過後。植生緩衝帶逕流水硝酸態氮濃度最高測值為 2.13 mg/L；水稻田逕流水硝酸態氮濃度最高測值為 5.90 mg/L (圖 2)。在插秧後施用基肥期間植生緩衝帶逕流水的硝酸態氮濃度平均為 0.33 ± 0.45 mg/L，水稻田逕流水的硝酸態氮濃度平均為 1.03 ± 1.61 mg/L，硝酸態氮削減率達 68% ($p<0.05$ ，表 1)。在 3 次追肥期間植生緩衝帶與水稻田逕流水的硝酸態氮濃度皆相當接近，僅有第 2 次追肥時植生緩衝帶的硝酸態氮削減率有 40%，但統計分析上不顯著 ($p=0.194$ ，表 1)。

在新社水稻梯田一期作的調查結果可以看出植生緩衝帶對逕流水中的銨態氮濃度的削減率可達 50%-89%，這也表示種植水蔬菜的植生緩衝帶對於減緩逕流水

中銨態氮濃度有良好的成效。然而在逕流水硝酸態氮濃度當中則較難看出減緩營養鹽濃度的成效，僅有在基肥時期植生緩衝帶的硝酸態氮濃度顯著小於水稻田的硝酸態氮濃度，這主要是因為兩田區在3月18日硝酸態氮皆出現的高峰造成的差異。其於時間兩者的硝酸態氮濃度變化皆有相似的趨勢與測值。由此初步推測植生緩衝帶對於逕流水中氮濃度較高時有較好的緩衝成效，而濃度較低時則難以進一步減少濃度。Salazar *et al.* (2015) 研究當中表示出不同種植被的植生緩衝帶對不同種類的氮也會有不同的緩衝成效。在本研究中種植水薺菜的植生緩衝帶對銨態氮有較好的緩衝效果，而對硝酸態氮的緩衝效果較不明顯。



圖 1、新社水稻梯田實驗樣區

Fig. 1. The experimental area in Xinshe paddy rice terraces.

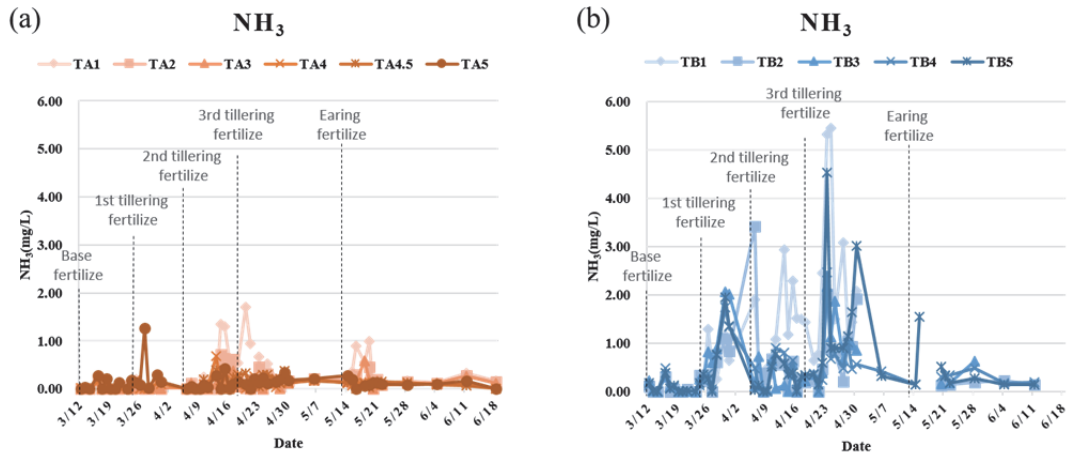


圖 2、植生緩衝帶與水稻田逕流水銨態氮每日變化

Fig. 2. The NH_4^+ -N fluctuation of runoff from vegetated buffer strips and paddy rice fields.

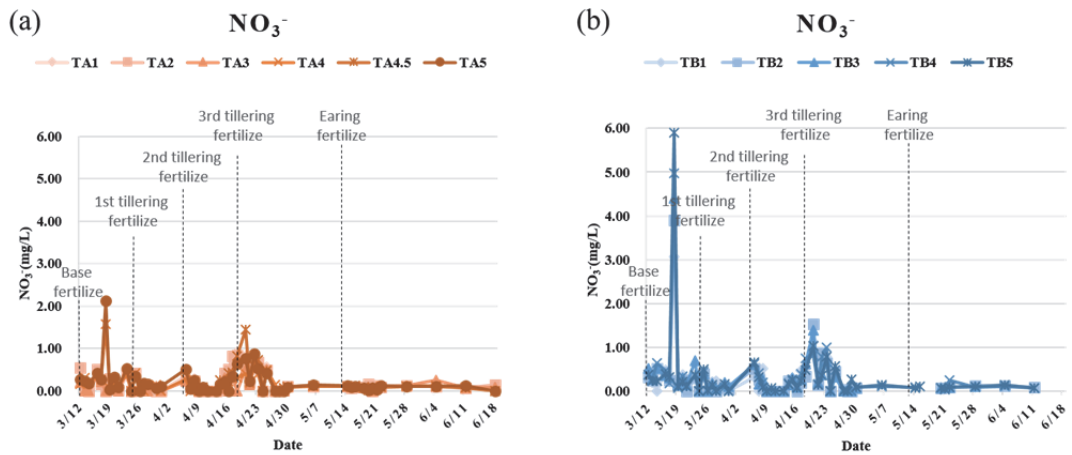


圖 3、植生緩衝帶與水稻田逕流水硝酸態氮每日變化

Fig. 3. The NO_3^- -N fluctuation of runoff from vegetated buffer strips and paddy rice fields.

表 1、植生緩衝帶與水稻田區在各施肥時期養分濃度比較

Table 1. Comparison of nutrient concentration of vegetated buffer strip and paddy rice fields at different time periods.

| Nutrient | Fertilization | Treatment | | <i>p</i> -value | Removal ^a (%) |
|---|----------------------|-----------|-----------|-----------------|-----------------------------|
| | | TA | TB | | |
| NH ₄ ⁺ -N (mg/L) | Base fertilization | 0.05±0.08 | 0.10±0.14 | 0.057 | 50% |
| | 1st fertilization | 0.09±0.22 | 0.69±0.59 | <0.001** | 87% |
| | 2nd fertilization | 0.06±0.13 | 0.57±0.77 | <0.001** | 89% |
| | 3rd fertilization | 0.21±0.31 | 1.24±1.42 | <0.001** | 83% |
| | Earing fertilization | 0.19±0.21 | 0.38±0.43 | - | 50% |
| NO ₃ ⁻ -N (mg/L) | Base fertilization | 0.33±0.45 | 1.03±1.61 | 0.029* | 68% |
| | 1st fertilization | 0.11±0.14 | 0.11±0.15 | 0.853 | 0% |
| | 2nd fertilization | 0.09±0.13 | 0.15±0.22 | 0.194 | 40% |
| | 3rd fertilization | 0.38±0.33 | 0.46±0.43 | 0.404 | 17% |
| | Earing fertilization | 0.08±0.04 | 0.08±0.02 | - | 0% |

a : Removal=(TB-TA)/TB*100%

* : *p*<0.05

** : *p*<0.001

主要參考文獻

1. Buckley, C., P. Carney 2013. The potential to reduce the risk of diffuse pollution from agriculture while improving economic performance at farm level. *Environ Sci. Pol.* 25:118–126
2. Kleinman, P. J., A. N. Sharpley, R. W. McDowell, D. N. Flaten, A. R. Buda, L. Tao, L. Bergstrom, Q. Zhu 2011. Managing agricultural phosphorus for water quality protection: principles for progress. *Plant Soil* 349(1–2):169–182
3. Salazar, O., C. Rojas, F. Avendaño, P. Realini, F. Nájera, Y. Tapia 2015. Inorganic nitrogen losses from irrigated maize fields with narrow buffer strips. *Nutr Cycl Agroecosyst* 102:359–370
4. Smith, V. H., D. W. Schindler 2009. Eutrophication science: where do we go from here? *Trends Ecol. Evol.* 24(4):201–207
5. Habibiandehkordi R., D. A. Lobb, S. C. Sheppard, D. N. Flaten, P.N. Owens 2017. Uncertainties in vegetated buffer strip function in controlling phosphorus export from agricultural land in the Canadian prairies. *Environ Sci. Pollut Res* 24:18372–18382

The Utility of Vegetated Buffer Strip for Mediating Fertilizer Content in Surface Runoff from Paddy Rice Fields

Gou-En Yen¹, Kuang-Chi Pan¹, Chung-Yu Hsu² and Kuang-Chung Lee³

¹Hualien District Agricultural Research and Extension Station, Research Assistant

²Hualien District Agricultural Research and Extension Station, Assistant Researcher

³National Dong Hwa University, Department of Natural Resources and Environmental Studies, PhD,
Associate Professor

Abstract

In recent years, farmland area in Taiwan has been decreasing, yet, annual fertilizer usage has only increased. Excessive fertilization could lead to environmental problems such as soil salinization, water pollution and eutrophication. Vegetated buffer strip is a common technique designed to reduce agricultural pollution. In this study, a vegetated buffer strip of water spinach was constructed in the lowland area of Xinshe rice terraces, Fengbin village, Hualien County, in order to evaluate its utility for mediating ocean pollution caused by coastal agricultural activities. The results revealed, in the first crop season, vegetated buffer strips successfully reduced the NH_4^+ -N concentration in agricultural runoff with highest reduction rate of 89 %. NO_3^- -N was reduced up to 68 % when it was at high concentration, but no significant reduction was observed when at low concentration.

Keywords: vegetated buffer strip, agricultural runoff nutrients, paddy rice