

投稿類別：生物類

篇名：土壤 PVC 密度對豇豆萌芽及生態系統的影響

作者：

黃鈺雯 國立潮州高中 二年級 02 班 普通科

指導老師：

林燈烟
張書熏

壹、前言

一、實驗動機

土壤中微塑料來源廣泛，陸地是微塑料聚集的關鍵區域，但因土壤介質複雜，目前微塑料的環境和生態風險研究，主要集中在水域。微塑料可以吸附土壤中有害物質、重金屬……，進而改變土壤的物理和化學性質，對土壤內部微生物的區系及種植的植物生長均會有不同程度的影響(Yang et al., 2021)。豇豆不僅具有豐富的營養價值，豇豆最近因其具有抗糖尿病、抗癌、抗高血脂、抗炎和抗高血壓等有益健康的特性而受到世界各地消費者和研究人員的更多關注(Jayathilake et al., 2018)。我居住的屏東是豇豆主要產地，因此著手收集文獻資料，瞭解微塑料的背景知識，進一步探討土壤內微塑料(PVC)對豇豆生長的影響。

二、實驗目的

- (一) 土壤 PVC 密度對豇豆萌發率的影響
- (二) 土壤 PVC 密度對豇豆生長的影響
- (三) 土壤 PVC 密度對豇豆根瘤生長的影響
- (四) 土壤 PVC 密度對豇豆蟲害的關係

貳、文獻探討

一、微塑料的定義及種類

土壤中微塑料來源廣泛，農膜使用、污泥及有機肥施用、污水灌溉、大氣沉降及垃圾填埋場滲濾液滲流等是土壤中微塑料積累的重要途徑(Zhou et al., 2018)。微塑料定義為直徑小於 5 毫米的塑膠顆粒、碎片和纖維，小於 1 毫米的稱奈米塑膠(Rochman et al., 2013)，是塑料產量的主要來源。陸地是微塑料聚集的關鍵區域，估計每年向土壤釋放的微塑料量可能是流入海洋量的 4 到 23 倍，但目前微塑料的環境和生態風險研究卻主要集中在水域，主要是因為土壤介質複雜，研究困難。即使近兩年對土壤微塑料的關注逐漸增加，研究仍然只佔所有相關文獻的 6.34%(Yang et al., 2021)。目前環境中存在的微塑料類型主要包含：聚乙烯(PE)、聚丙烯(PP)、聚苯乙烯(PS)、聚對苯二甲酸乙二醇酯(PET)及聚氯乙烯(PVC)等，根據來源不同分為初級微塑料及次級微塑料。(桑文靜等，2021)。

二、PVC 對土壤和植物的影響

微塑料可以吸附土壤溶液中有害物質，改變土壤物理性質，如增加孔隙度、改變團粒結構或成團土壤團聚體的一部分等而起作用(Huerta et al., 2016)，而這些變

化可以改變微生物活性(Arthur et al., 2012)。

在土壤環境中，微塑料可吸附和釋放重金屬並進一步分解為更細小的顆粒；這可能導致土壤遷移，進而污染地下水；同時也可能影響土壤的物理和化學性質。透過呼吸運動和食物鏈的方式，人們可能會涉入環境中的微塑料(Yang et al., 2021)。加上吸附的關係，污染物及病原菌也會進入土壤，對土壤內部微生物的區系、土壤理化性質乃至種植的植物生長均會有不同程度的影響(Ren et al., 2018)研究指出，低濃度(<180 滋 m)聚丙烯，對土壤可溶性有機碳(DOC)、有機氮(DON)、有機磷(DOP)及 PO₃-4 濃度和 FDA 水解酶、酚氧化酶活性的影響不明顯。但高濃度(>180 滋 m)聚丙烯微塑料顯著增加了土壤中的 DOC、DON、DOP、PO₃-4、NO₃、高分子量的腐殖質類物質及富里酸(Arthur et al., 2012)。

三、豇豆的經濟價值

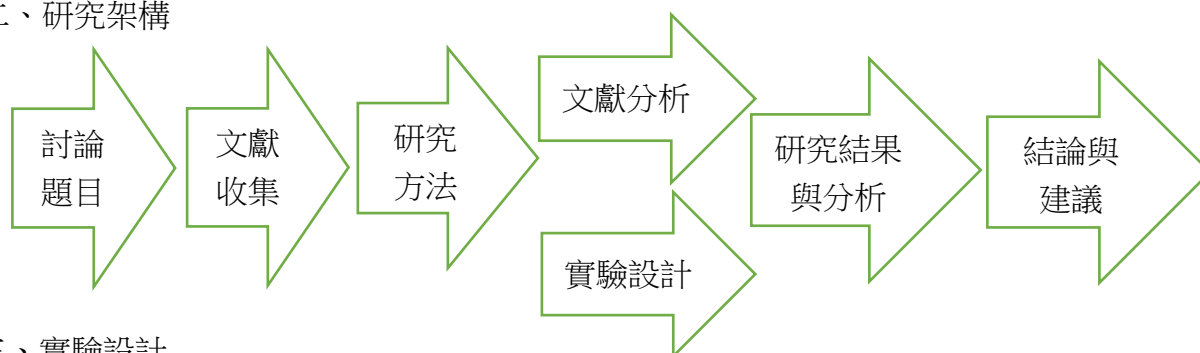
豇豆是一種原產於非洲的豆類穀物，是撒哈拉以南非洲和其他發展中國家數百萬人的主要蛋白質來源。具有高營養價值的蛋白質、固氮能力以及比大多數豆科植物更耐旱和耐熱的能力。根瘤的產生也是一種能量的消耗(Mohammed et al., 2021)，如果環境不適合，植物就不會形成根瘤。土壤中微塑料會增加微生物的附著，是否會間接影響根瘤菌與豆科植物共生？豇豆最近因其具有抗糖尿病、抗癌、抗高血脂、抗炎和抗高血壓等有益健康的特性，受到消費者和研究人員的更多關注。在已提出的預防慢性疾病的機制中，已被證實豇豆含有可溶性膳食纖維和不溶性植物化學物質以及蛋白質和勝肽等化合物。支持豇豆對癌症和發炎的進展具有保護作用 (Jayathilake et al., 2018)。

參、研究方法

一、研究流程

主題確認 → 文獻收集分析 → 實驗設計 → 結果與分析 → 結論與建議

二、研究架構



三、實驗設計

(一) 土壤 PVC 密度對豇豆萌發率的影響

在 15 盆 600 克的培養土中，各別種入豇豆種子 3 顆作為對照組(C)，另以 600 克的培養土加 1% PVC 100 cc (T1%)、600 克的培養土加 5% PVC 100 cc (T5%)各 15 盆為實驗組（圖一），在相同環境下培養 3 個月，每天澆 200 毫升的水。第四天估算各組發芽率（萌芽數/種子數.盆），再用 T-test 作比較分析。

（圖一）實驗設計



（來源：筆者攝）

(二) 土壤 PVC 密度對豇豆生長的影響

- 1、分別於培養第 17、32 天，在各組隨機取 5 盆，測量根（地下部）、莖（地上部）生長長度，及葉的數量（圖二），再用 T-test 作比較分析。

（圖二）各組生長測量圖片



（來源：筆者攝）

(三) 土壤 PVC 密度對豇豆根瘤生長的影響

我們分別在 600 克培養土中加入 1% PVC 100 cc (T1%)、5% PVC 100 cc

(T5%)各 15 盆為實驗組及無加微塑料的對照組比較根瘤的生長情形。

(四) 土壤 PVC 密度對豇豆蟲害的關係

在各組培養土中，隨機抽取 3 盆，每盆取出 1000 克培養土，放入塑膠袋，置於冰箱靜置 5 分鐘，將土倒入盆中計數蟲數，再用 T-test 作比較分析。

肆、研究分析與結果

一、土壤 PVC 密度對豇豆萌發率及生長的影響

3 組萌芽率平均值（表一）分別為對照組 75.8%、T1%為 80.2%、T5%為 73.53%。經由 T-test 檢測發現，對照組、實驗組 T1%萌芽率平均值沒有差異($P > 0.05$)，但 T1%萌芽率平均值大於 T5%，有明顯差異($P < 0.05$)。

表一：各組萌芽率及平均值

萌芽率	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	平均
對照組	67	67	67	100	67	100	100	67	100	67	100	34	34	67	100	75.8
T1%	67	100	100	67	67	100	100	100	67	67	67	100	67	67	67	80.2
T5%	100	67	0	100	0	67	67	67	67	100	100	0	67	34	67	60.2

（來源：筆者製）

圖三：各組萌芽率 T-test 圖

T-test	對照組	T1%	T5%
對照組		0.278198745	0.085028652
T1%			0.030759181
T5%			

（來源：筆者製）

二、土壤 PVC 密度對豇豆生長的影響

(一) 第 17 天根、莖長度平均及葉數量

第 17 天根長度(cm)分別是對照組 13.08cm、實驗組 T1%14.26cm、實驗組 T5%22.22cm（表二）。經由 T-test 檢測，各組並無差異($P > 0.05$)。莖長度平均分別是對照組 17.12cm、實驗組 T1%12.62cm、實驗組 T5%19.22cm（表三）。經由 T-test 檢測，各組並無差異($P > 0.05$)。葉數量平均分別是對照組 6.8 片、實驗組 T1%4 片、實驗組 T5%7.4 片（表四）。經由 T-test 檢測，各組並無差異($P >$

0.05)。

(表二) 17 天根長度(cm)

組別 \ 編號 長度	1	2	3	4	5	平均
對照組	2.4	10.2	5.7	12.6	34.5	13.08
T1%	1.1	1.1	25.3	16.3	27.5	14.26
T5%	28.1	20.8	29.2	23	10	22.22

(來源：筆者製)

(表三) 17 天莖長度(cm)

(來源：筆者製)

組別 \ 編號 長度	1	2	3	4	5	平均
對照組	15.1	20.9	14.9	18.8	15.9	17.12
T1%	0	5	21	19.3	17.8	12.62
T5%	21.5	19	18	19.7	17.9	19.22

(表四) 17 天葉子數量 (片)

組別 \ 編號 數量	1	2	3	4	5	平均
對照組	8	5	5	8	8	6.8
T1%	0	2	5	5	8	4
T5%	7	9	5	8	8	7.4

(來源：筆者製)

(二) 第 32 天根、莖長度平均及葉數量

第 32 天根長度平均對照 21.26cm 與實驗組 PVC 1%25.84cm、實驗組 PVC 5%17.94cm，(表五)，各組並無差異($P>0.05$)。莖長度平均對照組(28.78cm)與實驗組 PVC 1%(32.1cm)、實驗組 PVC 5%26.38cm，(表六)，各組並無差異($P>0.05$)。葉數量平均對照組 11.8 片與實驗組 PVC 1%13.4 片、實驗組 PVC 5%11.4 片，各組並無差異($P>0.05$)。

(表五) 32 天根長度(cm)

土壤 PVC 密度對豇豆萌芽及生態系統的影響

組別 \ 長度 \ 編號	1	2	3	4	5	平均
對照組	16	25.2	20.9	26.4	17.8	21.26
T1%	24.3	15	24.3	35.4	30.2	25.84
T5%	30	8.3	21.5	20.5	9.4	17.94

(來源：筆者製)

(表六) 32 天莖長度(cm)

組別 \ 長度 \ 編號	1	2	3	4	5	平均
對照組	25	30.1	27.3	31.1	30.4	28.78
T1%	35.5	27.7	39.7	24.5	33.1	32.1
T5%	31.3	20.2	29.2	28.3	22.9	26.38

(來源：筆者製)

(表七) 32 天葉子數量 (片)

組別 \ 數量 \ 編號	1	2	3	4	5	平均
對照組	10	12	12	11	14	11.8
T1%	16	11	12	14	14	13.4
T5%	14	11	15	12	5	11.4

(來源：筆者製)

(三) 土壤 PVC 密度對豇豆根瘤生長的影響

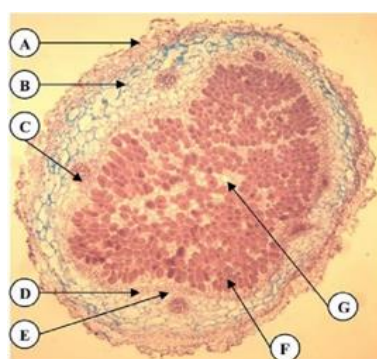
第 36 天取出觀察結果發現，實驗組 T1%有一顆長根瘤（圖三），比對文獻無誤（圖四: Fabián et al., 2008），其餘皆沒有根瘤。

(圖三) T1%根瘤內部構造



(來源：筆者攝)

(圖四) 根瘤橫切圖



圖四資料來源：Fabián Fernández-Luqueño & José-Antonio Munive & Dendooven L., & Corlay L. (2008, July) Micro- morphology of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) nodules undergoing senescence. *Acta Physiol Plant* 30, 545-552.

[Main structures of a three-week old nodule formed on common bean... | Download Scientific Diagram \(researchgate.net\)](#)

(四) 土壤 PVC 密度對豇豆蟲害的關係

土壤蟲害數量(表八), 對照組平均值(68 隻), 比實驗組 PVC 1%(165 隻)、實驗組 PVC 5%的(139 隻)少, 經由 T-test 比較(圖五)有非常明顯差異($P < 0.005$)。而實驗組 PVC1%(165 隻)比實驗組 PVC 5%的(139 隻)多, 也有非常明顯差異($P < 0.005$)。

(表八) 各組蟲害數量及平均

組別 \ 編號 數量	1	2	3	平均
對照組	64	68	72	68
T1%	160	165	170	165
T5%	139	136	142	139

(來源：筆者製)

圖五：各組蟲害 T-test 圖

T-test	對照組	T1%	T5%
對照組		6.26853E-06	8.10876E-06
T1%			0.000756654
T5%			

(來源：筆者製)

伍、研究結論與建議

一、結論

- (一) 從實驗結果來看，對照組和 PVC 1%的實驗組，萌發率沒有差別。但 PVC 5%實驗組萌發率低於 PVC 1%的實驗組，可見得低濃度 PVC 1%並不影響豇豆萌發率，但濃度 PVC 5%會降低豇豆萌發率。
- (二) 在根莖生長長度和長葉數量上，結至四十天各組並沒有差異。且各組根瘤的生長也沒有差異。
- (三) PVC 會造成土壤蟲害數量增加，對照組蟲害數量平均值明顯小於有 PVC 的二組實驗組。這與(Ren et al, 2018)的研究，微塑料因吸附關係，改變土壤理化性質，造成內部微生物的區系變化，導致食物鏈上群集變動相符合。

二、建議

(一) 減少微塑料的使用

建議農業生產者和相關業者在農業實踐中減少微塑料的使用。這可轉向使用降解材料、生物為基底的材料或其他環保替代品來實現。

(二) 微塑料處理技術

進行更多研究以開發有效的微塑料處理技術。這包括改進土壤中微塑料的檢測和去除方法，以減少對植物生長和土壤生態系統的影響。

(三) 定期檢測土壤品質

提倡定期檢測土壤品質，特別是微塑料的存在和濃度。可以幫助農業的業者們及早發現潛在的問題。

(四) 加強教育與宣導

加強對農業從業者、政策制定者和一般大眾的教育與宣導，提高對微塑料問題的認識。這有助於形成更加環保的農業實踐，降低對土壤和植物生態的潛在威脅。

（五）促進研究合作

鼓勵跨學科的研究合作，深入研究為塑料在不同環境條件下的行為，以更深入地了解微塑料對農業生態系統的影響。

陸、參考文獻

老葉（2020 年 6 月 27 號）。植物也會吸收塑膠微粒。

<https://susan-plant-kingdom.blogspot.com/2020/06/nanoplastic.html>

桑文靜、王曉霞、王夏妹、肖璐睿、許士洪、李登新（2021）。土壤中微塑料的來源、賦存特徵與遷移行為。《生態與農村環境學報》，37(11)，1361-1367。

<http://www.ere.ac.cn/CN/10.19741/j.issn.1673-4831.2020.0723#>

楊杰、李連禎、週倩、李瑞傑、塗晨、駱永明（2021）。土壤環境中微塑料污染：來源、污染及風險。《土壤學報》，58，281-298。

<http://pedologica.issas.ac.cn/html/trxb/2021/2/trxb202006090286.htm>

Fabián, F.-L. & Munive, J. & Dendooven, L., & Corlay, L. (2008, July) Micro- morphology of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) nodules undergoing senescence. *Acta Physiol Plant* **30**, 545-552.

Main structures of a three-week old nodule formed on common bean... | Download Scientific Diagram (researchgate.net)

Zhou, Q., & Zhang, H., & Fu, C., & Zhou, Y., & Dai, Z., & Li, Y., & Tu, C., & Luo, Y. (2018, March 6). The distribution and morphology of microplastics in coastal soils adjacent to the Bohai Sea and the Yellow Sea. *Geoderma* **332**, 201-208。

https://www.researchgate.net/publication/323593126_The_distribution_and_morphology_of_microplastics_in_coastal_soils_adjacent_to_the_Bohai_Sea_and_the_Yellow_Sea

Rochman, C. M., & Browne, M. A., & Halpern, B. S., & Hentschel, B. T., & Hoh, E., & Karapanagioti, H. K., & Rios-Mendoza, L. M., & Takada, H., & Teh, S., & Thompson, R. C. (2013, February 14). Classify plastic waste as hazardous. *Nature* **494**, 169–171.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23407523/>

Yang, J., & Li, L., & Zhou, Q., & Li, R., & Tu, C., & Luo, Y. (2021, Marth 11).

Microplastics Contamination of Soil Environment. *Acta Pedologica Sinica*, 58 (2), 281–298.

http://pedologica.issas.ac.cn/trxben/article/abstract/trxb202006090286?st=virtual&special_id=20211110101439001

Huerta, L. E., & Gertsen, H., & Gooren, H., & Peters, P., & Salánki, T., & van der Ploeg M., & Besseling, E., & Koelmans, AA., & Geissen, V. (2016, Marth 1). Microplastics in the terrestrial ecosystem : Implications for *Lumbricus terrestris* (*Oligochaeta, Lumbricidae*) . ***Environmental Science & Technology***, *50* (5), 2685-2691.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26852875/>

Arthur, E., & Moldrup, P., & Holmstrup, M., & Schjønnning, P., & Winding, A., & Mayer, P., & de Jonge, L. W. (2012, June 21). Soil microbial and physical properties and their relations along a steep copper gradient. *Agri- culture, Ecosystems & Environment*, *159* ,9 -18.
<https://orbit.dtu.dk/en/publications/soil-microbial-and-physical-properties-and-their-relations-along->

Ren, X.W. & Tang, Jingchun & Yu, C. & He, J. (2018, January). Advances in research on the ecological effects of microplastic pollution on soil ecosystems. ***Journal of Agro- Environment Science.***, *37* (6),1045-1058.
https://www.researchgate.net/publication/326317272_Advances_in_research_on_the_ecological_effects_of_microplastic_pollution_on_soil_ecosystems

Jayathilake, C., & Visvanathan, R., & Deen, A., & Bangamuwage, R., & Jayawardana, BC., & Nammi, S., & Liyanage, R. (2018, October). Cowpea: An overview on its nutritional facts and health benefits. ***J. Sci. Food Agric***, *98*, 4793 - 4806.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29656381/>

Mohammed, S. B., & Burrige, J. D., & Ishiyaku, M. F., & Boukar, O., & Lynch, J. P. (2021, September). Phenotyping cowpea for seedling root architecture reveals root phenes important for breeding phosphorus efficient varieties. ***Crop Science***, *62* (1), 326-345.
<https://acsess.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/csc2.20635>