

Phân lập và đánh giá khả năng phân hủy lá mía của các dòng vi khuẩn trong đất phèn trồng mía ở Đồng bằng sông Cửu Long

Vũ Văn Long^{1*}, Trần Văn Dũng²

¹Khoa Tài nguyên - Môi trường, Trường Đại học Kiên Giang

²Khoa Nông nghiệp, Trường Đại học Cần Thơ

Ngày nhận bài 23/12/2020; ngày chuyển phản biện 28/12/2020; ngày nhận phản biện 5/2/2021; ngày chấp nhận đăng 17/2/2021

Tóm tắt:

Nghiên cứu được thực hiện nhằm phân lập và đánh giá khả năng phân hủy lá mía của nhóm vi khuẩn bản địa trong đất phèn canh tác mía ở Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL). Mẫu đất được thu thập tại ba vùng đất phèn có diện tích canh tác mía lớn ở ĐBSCL: huyện Bến Lức (Long An), huyện Phụng Hiệp (Hậu Giang) và huyện Hòn Đất (Kiên Giang). Tổng cộng có 6 mẫu đất được thu thập gồm: LA1, LA2, HG1, HG2, KG1 và KG2. Kết quả nghiên cứu đã phân lập được 18 dòng vi khuẩn có khả năng sản xuất enzyme cellulase phân hủy cellulose gồm: LA2-4b, LA2-1, LA2-4a, LA2-2, KG2-1, KG2-2a, KG2-2b, KG2-3, KG2-20, KG2-21, KG2-22, KG2-24, KG2-26, KG2-27, LA1-1, LA1-2, LA1-3, LA1-7. Tất cả các dòng vi khuẩn được phân lập đều có khả năng phân hủy hữu hiệu lá mía, có tiềm năng ứng dụng vào thực tiễn sản xuất và góp phần cải tạo chất lượng đất phèn ở ĐBSCL. Trong đó, 5 dòng vi khuẩn được chọn (LA1-1, LA2-4a, LA2-4b, KG2-2b và KG2-24) có khả năng phân hủy lá mía cao hơn khác biệt có ý nghĩa ($p < 0,05$) so với nghiệm thức không có vi khuẩn.

Từ khóa: cellulase, cellulose, đất phèn, lá mía, phân lập, vi khuẩn.

Chỉ số phân loại: 1.6

Đặt vấn đề

Trong quá trình canh tác mía tại ĐBSCL, lá mía thường được cây vùi và để phân hủy tự nhiên thông qua quá trình phân hủy sinh học của nhiều loài vi sinh vật trong đất. Sự phân hủy các thành phần trong lá mía hay dư thừa thực vật thường phụ thuộc vào nhiều yếu tố như tính chất lý, hóa học của môi trường đất [1], phương pháp quản lý đồng ruộng [2-6], số lượng và tính chất của tàn dư thực vật [7, 8], hoặc cấu trúc của cộng đồng vi sinh vật trong đất [9, 10]. Ngoài ra, tốc độ phân hủy của các dư thừa thực vật trong đất còn phụ thuộc lớn vào tỷ lệ C/N của đất và tàn dư thực vật [11, 12]. Một số nghiên cứu trước đây cho thấy tỷ lệ C/N lớn hơn 60 thường làm giảm tốc độ phân hủy các tàn dư thực vật [1, 13]. Cây mía có tỷ lệ C/N khoảng 150, do đó lá mía thường phân hủy rất chậm trong tự nhiên, và khi cây vùi lá mía trực tiếp vào đất sẽ gây bất động dinh dưỡng trong đất [14].

Đất phèn là một trong hai nhóm đất có diện tích lớn nhất tại ĐBSCL bên cạnh nhóm đất phù sa [15]. Hoạt động của các vi sinh vật trong đất phèn thường bị ảnh hưởng do độ chua và nồng độ độc chất cao. Trong đó, độc chất Al được xem là yếu tố giới hạn sinh trưởng quan trọng nhất đối với cây trồng và vi sinh vật trong đất phèn [16].

Tàn dư thực vật của cây mía có chứa khoảng 40-50% cellulose

*Tác giả liên hệ: Email: vvlong@vnkgu.edu.vn

[17]. Cellulose là một polysaccharide mạch thẳng - một chuỗi của các đường đơn. Do lực liên kết hóa học C-O-C giữa các phân tử đường của cellulose khó bị phá vỡ, nên để phá vỡ cellulose từng bước cần có sự tham gia của một hợp chất hữu cơ đặc biệt là enzyme cellulase [1]. Kết quả nghiên cứu của Johnson và cs (2007) [18] cho thấy, một số dòng vi khuẩn có khả năng sản xuất enzyme cellulase để phân hủy cellulose trong tàn dư thực vật của cây mía như *Cellulomonas cellulovorans*, *Corynebacterium urealyticum*... Tuy nhiên, việc xác định nhóm vi khuẩn trong đất phèn có khả năng phân hủy lá mía còn rất hạn chế. Do đó, nghiên cứu này được thực hiện nhằm phân lập và tuyển chọn các dòng vi khuẩn có khả năng phân hủy nhanh lá mía. Đây cũng là cơ sở quan trọng cho việc sản xuất chế phẩm sinh học phân hủy lá mía nói riêng, các phế phụ phẩm nông nghiệp nói chung, góp phần duy trì độ phì nhiêu cho đất sản xuất nông nghiệp ở ĐBSCL.

Phương pháp nghiên cứu

Mẫu vật thí nghiệm

Mẫu đất được thu thập tại 3 địa điểm canh tác mía lớn ở ĐBSCL gồm: huyện Bến Lức (tỉnh Long An), huyện Phụng Hiệp (tỉnh Hậu Giang) và huyện Hòn Đất (tỉnh Kiên Giang). Tại mỗi tỉnh thu 2 mẫu đất trên 2 loại đất, gồm: đất phèn hoạt động nặng và đất phèn hoạt động trung bình. Các mẫu đất được mã hoá theo

Isolation and evaluation of the ability to decompose sugarcane leaves of bacterial strains from acid sulfate soils in the Mekong River Delta

Van Long Vu^{1*}, Van Dung Tran²

¹College of Natural Resources - Environment, Kien Giang University

²College of Agriculture, Can Tho University

Received 23 December 2020; accepted 17 February 2021

Abstract:

The objectives of this study were to isolate and determine the ability of bacterial strains to decompose sugarcane leaves from acid sulfate soils in the Mekong River Delta (MRD). Soil samples were collected from three acid sulfate soils in Ben Luc district, Long An province, Phung Hiep district, Hau Giang province, and Hon Dat district, Kien Giang province where large sugarcane areas cultivated. Six soil samples were collected and coded: LA1, LA2, HG1, HG2, KG1, and KG2. The results of the study have isolated 18 strains of bacteria are capable of producing cellulase enzyme that breaks down cellulose including LA2-4b, LA2-1, LA2-4a, LA2-2, KG2-1, KG2-2a, KG2-2b, KG2-3, KG2-20, KG2-21, KG2-22, KG2-24, KG2-26, KG2-27, LA1-1, LA1-2, LA1-3, LA1-7. All isolated bacterial strains have the ability to effectively decompose sugarcane leaves, have the potential to apply in practical production, and contribute to improving the quality of acid sulfate soils in the MRD. In which, five selected bacterial strains (LA1-1, LA2-4a, LA2-4b, KG2-2b, and KG2-24) were significantly higher ($p < 0.05$) in the decomposition of sugarcane leaves than the treatment without bacteria.

Keywords: acid sulfate soils, bacteria, cellulase, cellulose, isolation, sugarcane leaves.

Classification number: 1.6

tỉnh Kiên Giang (KG), Long An (LA) và Hậu Giang (HG) gồm: KG-1, KG-2, LA-1, LA-2, HG-1 và HG-2. Kết quả phân tích cho thấy đất tại 3 tỉnh có pH đất thấp, dao động từ 3,49-4,33, khả năng trao đổi cation (CEC) ở ngưỡng thấp đến trung bình (10,6-16,8 $\text{cmol}_{(+)}/\text{kg}$). Hàm lượng đạm (N) tổng số trong đất tại các tỉnh Kiên Giang (0,29-0,55 %N), Hậu Giang (0,16-0,22%N), và Long An (0,33-0,36%N) được đánh giá ở mức trung bình. Mật số vi sinh vật và một số tính chất hoá học khác trong đất ban đầu tại các địa điểm nghiên cứu được trình bày ở bảng 1.

Bảng 1. Một số tính chất đất tại 3 tỉnh Kiên Giang, Hậu Giang và Long An.

Các chỉ tiêu	Các nhóm đất nghiên cứu					
	KG-1	KG-2	HG-1	HG-2	LA-1	LA-2
pH	3,49	4,31	3,67	4,33	3,86	4,21
K trao đổi ($\text{cmol}_{(+)}/\text{kg}$)	0,32	0,44	0,48	0,20	0,19	0,09
CEC ($\text{cmol}_{(+)}/\text{kg}$)	13,6	10,6	16,8	13,9	12,7	12,3
N tổng số (%N)	0,55	0,29	0,22	0,16	0,36	0,33
NH_4^+-N (mg/kg)	9,52	10,1	2,01	1,97	2,00	1,92
NO_3^--N (mg/kg)	2,31	0,22	5,77	6,54	14,6	7,27
P-Bray 2 (mg/kg)	17,9	74,1	55,7	7,30	61,9	108
Mật số VSV ($\text{CFU}/\text{g} \times 10^6$)	0,29	1,69	0,52	4,12	3,98	14,6

Ghi chú: CEC: khả năng trao đổi cation; VSV: vi sinh vật.

Phân lập các dòng vi khuẩn có khả năng phân hủy lá mía

Phương pháp phân lập các dòng vi khuẩn có khả năng phân hủy lá mía được thực hiện theo phương pháp của Sirisena và Manamendra (1995) [19]. Cân 1 g đất vào bình tam giác 100 ml chứa 24 ml môi trường khoáng tối thiểu gồm: 2 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; 1 g K_2HPO_4 ; 1 g KH_2PO_4 ; 1 g NH_4NO_3 ; 0,05 g $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ và 0,02 g CaCl_2 trong 1 l nước khử khoáng có bổ sung 0,5% carboxymethyl cellulose - CMC (5 g CMC - là nguồn carbon duy nhất trong môi trường nuôi cấy). Mỗi mẫu đất được bố trí với 1 lần lặp lại. Mẫu đối chứng được thực hiện tương tự nhưng không có mẫu đất. Sau đó đặt trên máy lắc với tốc độ 90 v/ph ở điều kiện nhiệt độ phòng, được che tối trong suốt quá trình nuôi cấy và đây được xem là thế hệ vi sinh vật nuôi cấy đầu tiên. Sau 10 ngày nuôi cấy, hút 1 ml dung dịch vi khuẩn của thế hệ nuôi cấy đầu tiên chuyển sang bình tam giác 100 ml mới đã tiệt trùng chứa 24 ml dung dịch môi trường khoáng tối thiểu lỏng và tiếp tục lắc trong tối ở nhiệt độ phòng trong 10 ngày để thu thế hệ vi sinh vật nuôi cấy thứ hai; quy trình này được lặp lại liên tục 5 lần. Sau mỗi lần cấy chuyển, sự đa dạng vi sinh vật trong môi trường giảm dần, đồng thời mật số của các vi sinh vật có tiềm năng sử dụng CMC tăng lên, tạo nguồn để phân lập các vi sinh vật có khả năng tiết ra enzyme cellulase.

Khảo sát sự hiện diện enzyme cellulase của các dòng vi khuẩn đã phân lập

Phương pháp khảo sát enzyme cellulase được thực hiện theo phương pháp của Sirisena và Manamendra (1995) [19]. Sử dụng kim cấy lấy khuẩn lạc, sau đó chuyển sang môi trường TSA bổ sung 1% CMC. Các đĩa petri được ủ trong tối, ở điều kiện phòng trong 3 ngày để tạo nguồn vi khuẩn chuẩn bị cho việc bố trí các thí nghiệm đánh giá khả năng phân hủy lá mía của vi khuẩn. Sau 3 ngày ủ, các đĩa petri được đem ra ngoài, dùng tăm bông và nước khử khoáng để loại bỏ colony của vi khuẩn. Hút 5 ml dung dịch thuốc nhuộm Congo red 0,1% cho vào các đĩa petri này, để yên trong 20 phút, sau đó loại bỏ thuốc nhuộm, rửa nhẹ với nước. Thêm 5 ml dung dịch NaCl 1M, để yên 30 phút. Loại bỏ dung dịch NaCl, quan sát và ghi nhận đường kính vùng sáng màu cam nhạt, vùng sáng này gọi là vòng halo, do enzyme cellulase của vi khuẩn tiết ra đã phân hủy hết CMC nên thuốc nhuộm không bị giữ

lại, đường kính vòng halo càng lớn thì lượng enzyme do vi khuẩn tiết ra càng nhiều; vùng sáng màu đỏ do vẫn còn CMC nên thuốc nhuộm bị giữ lại.

Đánh giá khả năng phân hủy lá mía của các dòng vi khuẩn được phân lập

Việc đánh giá khả năng phân hủy lá mía được thực hiện theo phương pháp của Gupta và cs (2012) [20]. Nguồn lá mía dùng cho thí nghiệm được thu thập, phơi khô, cắt thành đoạn ngắn khoảng 1,5 cm, rửa sạch với nước máy 3 lần, rửa lại 2 lần với nước cất, trải mỏng và phơi khô trong không khí ở điều kiện phòng thí nghiệm.

Lấy 12,5 g vật liệu lá mía cho vào đĩa petri, hiệu chỉnh ẩm độ khô kiệt thu được 2,5 g, tiệt trùng 3 lần ở nhiệt độ 121°C trong 20 phút bằng máy thanh trùng ướ. Sau đó, nhỏ đều 2 ml dung dịch chứa vi khuẩn đã được chuẩn bị lên trên bề mặt vật liệu và trộn đều. Dán parafilm bên ngoài đĩa petri để tránh nhiễm mẫu. Các đĩa petri được ủ ở nhiệt độ phòng trong 45 ngày.

Thí nghiệm bố trí theo dạng hoàn toàn ngẫu nhiên với 6 nghiệm thức và 3 lần lặp lại, bao gồm 5 dòng vi khuẩn được tuyển chọn: LA2-4a, LA2-4b, LA1-1, KG2-2b, KG2-24 và đối chứng. Nghiệm thức đối chứng chỉ có lá mía đã tiệt trùng, không chứa vi khuẩn.

Chỉ tiêu theo dõi: khối lượng lá mía tại các thời điểm 15, 30 và 45 ngày sau khi ủ. Các đĩa petri chứa lá mía trong thí nghiệm được sấy ở nhiệt độ 105°C trong 8 giờ bằng tủ sấy, sau đó các đĩa này được đem cân để xác định trọng lượng giảm đi theo thời gian thí nghiệm.

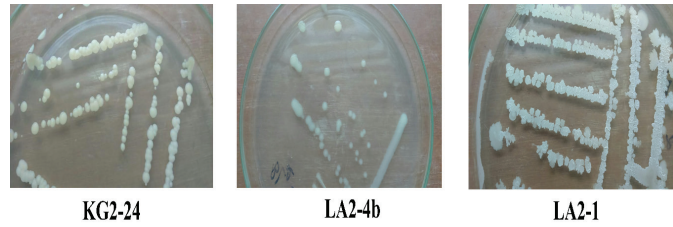
Xử lý số liệu

Số liệu thu thập được tính toán, vẽ đồ thị bằng phần mềm Microsoft Excel và được xử lý thống kê bằng phần mềm Minitab V.16; kiểm định Tukey để đánh giá khác biệt ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức phân hủy lá mía ở mức ý nghĩa 5%.

Kết quả và thảo luận

Các dòng vi khuẩn được phân lập có khả năng phân hủy lá mía

Sau quá trình hoạt hóa và làm giàu mật số vi sinh vật trong môi trường lỏng, tổng cộng có 18 dòng vi khuẩn được phân lập có tiềm năng phân hủy lá mía được ký hiệu: LA2-4b, LA2-1, LA2-4a, LA2-2, KG2-1, KG2-2a, KG2-2b, KG2-3, KG2-20, KG2-21, KG2-22, KG2-24, KG2-26, KG2-27, LA1-1, LA1-2, LA1-3, LA1-7. Kết quả cho thấy không có dòng vi khuẩn có khả năng phân hủy lá mía trên 2 nhóm đất tại tỉnh Hậu Giang. Hình dạng tế bào của 18 dòng vi khuẩn đã phân lập được quan sát dưới kính hiển vi quang học ở vật kính E100, gồm có 2 dạng: dạng hình que và hình cầu. Dạng tế bào hình que gồm các dòng vi khuẩn: LA2-1, LA2-4a, LA2-2, KG2-2a, KG2-18, KG2-26, KG2-27, LA1-1 và LA1-7. Dạng tế bào hình cầu gồm các dòng vi khuẩn: LA2-4b, KG2-1, KG2-2b, KG2-3, KG2-21, KG2-22, KG2-24, LA1-2 và LA1-3 (hình 1).



Hình 1. Hình dạng khuẩn lạc của một số dòng vi khuẩn được phân lập.

Sự hiện diện của enzyme cellulase ở các dòng vi khuẩn đã được phân lập

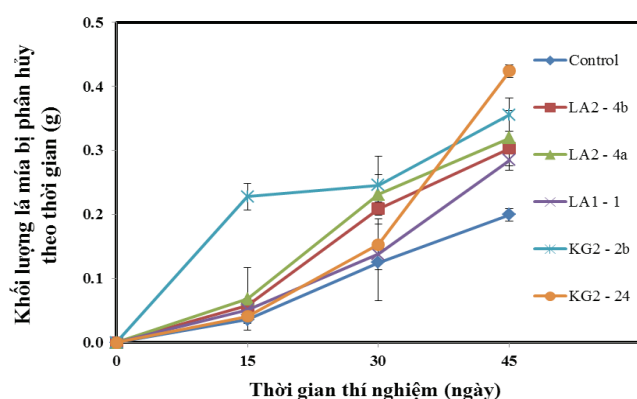
Kết quả khảo sát sự hiện diện của enzyme celulase của 18 dòng vi khuẩn cho thấy, tất cả các dòng vi khuẩn này đều có khả năng tiết enzyme cellulase để phân hủy cơ chất CMC. Đường kính vòng thủy phân không màu quanh khuẩn lạc được trình bày ở bảng 2. Kết quả cho thấy, dòng vi khuẩn ký hiệu LA2-1 tạo vòng thủy phân có đường kính là 29 mm, cao nhất trong 18 dòng phân lập được, hai dòng vi khuẩn ký hiệu LA1-1 và KG2-24 tạo vòng thủy phân có đường kính 28 mm. Ba dòng vi khuẩn ký hiệu KG2-3, KG2-2a và KG2-22 tạo vòng thủy phân có đường kính 5 mm, thấp nhất trong 18 dòng phân lập được.

Bảng 2. Khả năng phân hủy CMC của 18 dòng vi khuẩn sau 3 ngày nuôi cấy.

Ký hiệu	Đường kính vòng Halo (mm)	Ký hiệu	Đường kính vòng Halo (mm)
LA1-1	28	KG2-2a	5
LA1-2	16	KG2-2b	19
LA1-3	14	KG2-3	5
LA1-7	14	KG2-20	9
LA2-1	29	KG2-21	17
LA2-2	25	KG2-22	5
LA2-4a	26	KG2-24	28
LA2-4b	26	KG2-26	17
KG2-1	10	KG2-27	16

Khả năng phân hủy lá mía của năm dòng vi khuẩn được tuyển chọn

Kết quả đánh giá khả năng phân hủy lá mía sau 15, 30 và 45 ngày nuôi cấy của 5 dòng vi khuẩn tuyển chọn được trình bày ở hình 2. Khối lượng lá mía bị phân hủy có xu hướng tăng dần theo thời gian, đặc biệt trong giai đoạn từ 30-45 ngày và khác biệt có ý nghĩa thống kê so với đối chứng (p<0,05). Ở thời điểm 15 ngày, dòng vi khuẩn ký hiệu KG2-2b phân hủy được khoảng 0,25 g cơ chất lá mía và khác biệt có ý nghĩa so với các nghiệm thức còn lại. Dòng vi khuẩn ký hiệu KG2-24 thể hiện khả năng phân hủy lá mía tương đối thấp ở thời điểm 15 và 30 ngày; tuy nhiên, ở thời điểm 45 ngày lại thể hiện khả năng phân hủy cao nhất, điều này có thể do dòng vi khuẩn này đã thích ứng và phát triển đủ mật số.



Hình 2. Khối lượng cơ chất lá mía bị phân hủy theo thời gian thí nghiệm.

Các thanh dọc thể hiện sai số chuẩn của giá trị trung bình (n=3).

Tại thời điểm 15 ngày, phần trăm khối lượng lá mía bị phân hủy của 5 dòng vi khuẩn thí nghiệm dao động từ 1,62-9,15%, tương ứng với khối lượng lá mía bị phân hủy từ 0,04-0,25 g; dòng vi khuẩn ký hiệu KG2-2b có phần trăm phân hủy cao nhất (9,15%) và khác biệt có ý nghĩa thống kê so với đối chứng và 4 dòng vi khuẩn còn lại. Ở thời điểm 30 ngày, phần trăm khối lượng cơ chất bị phân hủy bởi 5 dòng vi khuẩn thí nghiệm cao hơn so với nghiệm thức đối chứng và khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$). Khả năng phân hủy lá mía của 5 dòng vi khuẩn thí nghiệm biến động từ 5,53-9,84%. Trong đó, dòng vi khuẩn KG2-2b có khả năng phân hủy cao nhất (9,84%) và khác biệt có ý nghĩa thống kê so với các nghiệm thức còn lại. Tốc độ phân hủy của lá mía trong nghiên cứu này cao hơn so với kết quả nghiên cứu của Johnson và cs (2007) [18] trong điều kiện không tiết trùng, có tốc độ phân hủy chỉ dao động từ 2,10-4,28% sau 28 ngày. Sau 45 ngày, nhìn chung tất cả các dòng vi khuẩn đều thể hiện khả năng phân hủy lá mía, phần trăm khối lượng phân hủy biến động từ 11,19-17,0% và đều khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) so với nghiệm thức đối chứng. Hai dòng vi khuẩn ký hiệu KG2-24 và KG2-2b có phần trăm phân hủy lá mía cao nhất, lần lượt là 14,3 và 17,0%, khác biệt có ý nghĩa thống kê so với nghiệm thức đối chứng và các dòng vi khuẩn còn lại.

Kết luận

Trong các loại đất phèn hoạt động nặng và đất phèn hoạt động trung bình canh tác mía tại ba tỉnh Long An, Hậu Giang và Kiên Giang ở ĐBSCL đã phân lập được 18 dòng vi khuẩn có khả năng phân hủy lá mía gồm: LA2-4b, LA2-1, LA2-4a, LA2-2, KG2-1, KG2-2a, KG2-2b, KG2-3, KG2-20, KG2-21, KG2-22, KG2-24, KG2-26, KG2-27, LA1-1, LA1-2, LA1-3, LA1-7. Các dòng vi khuẩn này đều có thể sản xuất ra enzyme cellulase để phân hủy cellulose trong lá mía. Trong đó, có 5 dòng vi khuẩn được tuyển chọn (LA1-1, LA2-4a, LA2-4b, KG2-2b và KG2-24) có khả năng phân hủy lá mía nhanh hơn so với đối chứng không có vi khuẩn. Để khẳng định hiệu quả phân hủy lá mía, cần tiếp tục thực hiện các thí nghiệm ngoài đồng ruộng nhằm đánh giá một cách toàn diện khả năng phân hủy lá mía của 5 dòng vi khuẩn được tuyển chọn này trên các loại đất phèn canh tác mía ở ĐBSCL.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] R. Weil, N.C. Brady (2017), *The nature and properties of soils*, England.
- [2] G. Singh, M. Dhakal, L. Yang, G. Kaur, K.W. Williard, J.E. Schoonover, A. Sadeghpour (2020), "Decomposition and nitrogen release of cover crops in reduced and no tillage systems", *Agronomy Journal*, **112**, pp.3605-3618.
- [3] N. Dal Ferro, I. Piccoli, A. Berti, R. Polese, F. Morari (2020), "Organic carbon storage potential in deep agricultural soil layers: Evidence from long-term experiments in northeast Italy", *Agriculture, Ecosystems & Environment*, **300**, p.106967.
- [4] K. Glissmann, S. Weber, R. Conrad (2001), "Localization of processes involved in methanogenic degradation of rice straw in anoxic paddy soil", *Environmental Microbiology*, **3**, pp.502-511.
- [5] C. Witt, K. Cassman, D. Olk, U. Biker, S. Liboon, M. Samson, J. Ottow (2000), "Crop rotation and residue management effects on carbon sequestration, nitrogen cycling and productivity of irrigated rice systems", *Plant and Soil*, **225**, pp.263-278.
- [6] M.M. Van Vuuren, D. Robinson, C.M. Scrimgeour, J.A. Raven, A.H. Fitter (2000), "Decomposition of ^{13}C -labelled wheat root systems following growth at different CO_2 concentrations", *Soil Biology and Biochemistry*, **32**, pp.403-413.
- [7] P. Puget, L. Drinkwater (2001), "Short-term dynamics of root-and shoot-derived carbon from a leguminous green manure", *Soil Science Society of America Journal*, **65**, pp.771-779.
- [8] R. Malpassi, T. Kaspar, T. Parkin, C. Cambardella, N. Nubel (2000), "Oat and rye root decomposition effects on nitrogen mineralization", *Soil Science Society of America Journal*, **64**, pp.208-215.
- [9] Y. Bao, Y. Feng, J.C. Stegen, M. Wu, R. Chen, W. Liu, et al. (2020), "Straw chemistry links the assembly of bacterial communities to decomposition in paddy soils", *Soil Biology and Biochemistry*, **148**, p.107866.
- [10] Z. Zhu, T. Ge, Y. Luo, S. Liu, X. Xu, C. Tong, et al. (2018), "Microbial stoichiometric flexibility regulates rice straw mineralization and its priming effect in paddy soil", *Soil Biology and Biochemistry*, **121**, pp.67-76.
- [11] S. Jayasekara, R. Ratnayake (2019), *Microbial cellulases: an overview and applications*, United Kingdom.
- [12] T. Sievers, R.L. Cook (2018), "Aboveground and root decomposition of cereal rye and hairy vetch cover crops", *Soil Science Society of America Journal*, **82**, pp.147-155.
- [13] M. Kimura, J. Murase, Y. Lu (2004), "Carbon cycling in rice field ecosystems in the context of input, decomposition and translocation of organic materials and the fates of their end products (CO_2 and CH_4)", *Soil Biology and Biochemistry*, **36**, pp.1399-1416.
- [14] E. Paul (2014), *Soil microbiology, ecology and biochemistry*, Academic press, 552p.
- [15] Trần Văn Dũng, Đỗ Bá Tân, Vũ Văn Long (2020), "Đánh giá thích nghi đất đai cho các mô hình canh tác lúa tại thành phố Vị Thanh, tỉnh Hậu Giang", *Tạp chí Khoa học, Trường Đại học Cần Thơ*, **56**, tr.153-158.
- [16] S. Muhrizal, J. Shamshuddin, M. Husni, I. Fauziah (2003), "Alleviation of aluminum toxicity in an acid sulfate soil in Malaysia using organic materials", *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, **34**, pp.2993-3011.
- [17] T.C. Mokhena, M.J. Mochane, T.E. Motaung, L.Z. Lingano, O.M. Thekiso, S.P. Songca (2018), "Sugarcane bagasse and cellulose polymer composites", *Sugarcane - Technology and Research*, DOI: 10.5772/intechopen.71497.
- [18] R. Johnson, R. Viator, M. Grisham, E. Richard, R. Boopathy (2007), *Microbial degradation of post-harvest residues*, International Society of Sugar Cane Technologists 2007, Durban, South Africa.
- [19] D. Sirisena, T. Manamendra (1995), "Isolation and characterization of cellulolytic bacteria from decomposing rice straw", *Journal of the National Science Foundation of Sri Lanka*, **23**, pp.25-30.
- [20] P. Gupta, K. Samant, A. Sahu (2012), "Isolation of cellulose-degrading bacteria and determination of their cellulolytic potential", *International Journal of Microbiology*, **2012**, 5p.