

จุลทรรศน์แรงอะตอม แต่เมื่อเปรียบเทียบการวัดค่า CV หลังการติดฉลากดีเอ็นเอด้วยสารดัชนี MB แล้วพบว่าทำให้สัญญาณไฟฟ้าจากการตรึงดีเอ็นเอบนอิเล็กโทรดดัดแปลงด้วยไคโตซานชนิด 95 %DD และ chitosan oligomer เกิดปฏิกิริยา redox ที่ให้ค่ากระแสสูงสุด 2 ชุดในรูปที่เป็น reversible couple ที่มีค่าของศักย์ไฟฟ้า E ก่อนข้างต่ำจึงเป็นปฏิกิริยาที่สามารถเกิด oxidation ได้ดี การใช้สารชีวภาพชนิดนี้ จึงอาจเป็นทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับการทำอิเล็กโทรดดัดแปลงเพื่อการตรึงดีเอ็นเอในการสร้างดีเอ็นเอเซนเซอร์ อย่างไรก็ตามเนื่องจากไคโตซานชนิดที่เป็น 90, 95%DD และ chitosan oligomer มีลักษณะทางกายภาพของการเกิดฟิล์มบางที่ค่อนข้างอ่อนนุ่มและมีการยึดเกาะกับพื้นผิวขั้วอิเล็กโทรด GCE ที่ไม่มั่นคงนัก จึงอาจหลุดร่อนได้ง่ายระหว่างการวัดใน supporting electrolyte ขณะที่ไคโตซานชนิด 80 และ 85% DD ทำให้เกิดฟิล์มบางที่มีความสามารถในการยึดเกาะกับพื้นผิวขั้วอิเล็กโทรด GCE ที่แน่นหนาอย่างมาก จึงอาจช่วยให้การเตรียมดีเอ็นเอเซนเซอร์มีความเสถียรและอายุการใช้งานยาวนานกว่า ดังนั้นในการวิจัยขั้นต่อไปจึงควรพิจารณาใช้ไคโตซานแต่ละชนิดตามความเหมาะสมในแต่ละสถานการณ์ เช่นกรณีที่ต้องใช้ไคโตซานชนิด 80 และ 85% DD สำหรับสร้างดีเอ็นเอเซนเซอร์ อาจต้องมีการผสมผสานกับสารตัวนำไฟฟ้าชนิดอื่นเพื่อเสริมประสิทธิภาพในการตรึงดีเอ็นเอและการให้สัญญาณไฟฟ้าดียิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

1. พรทิพย์ วงศ์แก้ว. 2542ก. โครงการจัดการโรคใบขาวของอ้อย. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และมหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น: บริษัทขอนแก่นพิมพ์พัฒนาจำกัด.
2. พรทิพย์ วงศ์แก้ว. 2542ข. โรคใบขาวของอ้อยและยุทธการป้องกันกำจัด. กรุงเทพฯ : บริษัทโรงพิมพ์ ที แอน อาร์ ซี เลคคา โปรดักท์ จำกัด.
3. พรทิพย์ วงศ์แก้ว. 2544. มอลลิคิวท์สาเหตุโรคพืช. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น: บริษัทขอนแก่นพิมพ์พัฒนาจำกัด.
4. พรทิพย์ วงศ์แก้ว, พิศาล ศิริธร, ยุพา หาญบุญทรง, ธวัช ดินนังวัฒนะ และ รุ่งรัตน์ กิจเจริญปัญญา. 2542. การสำรวจเบื้องต้นเกี่ยวกับโรคใบขาวอ้อยในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. วารสารอ้อยและน้ำตาลไทย 6(2) : 36-52.
5. พรทิพย์ วงศ์แก้ว, ยุพา หาญบุญทรง, พิศาล ศิริธร, สมคิด บุญครอง และ ชุตินันท์ ชูสาย. 2541. การพัฒนาเทคนิคการตรวจเชื้อไฟโตพลาสมาสาเหตุโรคใบขาวอ้อยในระดับไรโดยวิธี รายงานการประชุมวิชาการอ้อยและน้ำตาลทรายแห่งชาติครั้งที่ 3, หน้า 50-61. กรุงเทพฯ. สมาคมอ้อยและน้ำตาลทรายแห่งประเทศไทยร่วมกับสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย.

6. Azek , F., C. Grossiord , C., M. Joannes , M., B. Limoges, B. and Brossier, P. 2000. Hybridization Assay at a Disposable Electrochemical Biosensor for the Attomole Detection of Amplified Human Cytomegalovirus DNA. *Anal. Biochem.* 284: 107-113.
7. Berggren, C., Stalhandske, P., Brundell, J. and Johansson, G.A. 1999. A feasibility study of a capacitive biosensor for direct detection of DNA hybridization. *Electroanal.* 11: 156.
8. Cai, X.; Rivas, G.; Farias, P. A. M.; Shiraishi, H.; Wang, J.; Palecek, E. 1996. Evaluation of Different Carbon Electrodes for Adsorptive Stripping Analysis of Nucleic Acids. *Electroanal.* 8: 753-758.
9. Deeley, J., Stevens, W.A. and Fox, R.T.V. 1979. Uses of Dienes' stain to detect plant diseases induces by mycoplasma-like organisms. *Phytopathology* 69: 1169-1171.
10. dela Escosura-Muniz, A., Gonzalez-Garcia, M.B. and Costa-Garcia, A. 2007. DNA hybridization sensor based on aurothiomalate electroactive label on glassy carbon electrodes. *Biosensor and Bioelectronics.* 22: 1048-1054.
11. Drummond, T.G., Hill, M.G. and Barton, J.K. 2003. Electrochemical DNA sensors. *Nat. Biotechnol* 21: 1192.
12. Erdem, A., Kerman,K., Meric, B., Akarca, U.S., and Ozsoz, M. 1999. Electrochemical biosensor for the detection of short DNA sequences related to the hepatitis B virus. *Electroanal.* 11: 586-587.
13. Erdem, A., Kerman,K., Meric, B., Akarca, U.S., and Ozsoz, M. 1999. DNA electrochemical biosensor for the detection of short DNA sequences related to the hepatitis B virus. *Electroanal.* 11: 586.
14. Erdem, A., Kerman,K., Meric, B., Akarca, U.S., and Ozsoz, M. 2000. Novel hybridization indicator methylene blue for the electrochemical detection of short DNA sequences related to the hepatitis B virus. *Anal. Chim. Acta* 422: 139-149.
15. Erdem, A., Kerman, K., Meric, B., Ozkan, D., Kara, P., and Ozsoz, M. 2002. DNA biosensor for *Microcystis* spp. sequence detection by using methylene blue and ruthenium complex as electrochemical hybridization label. *Turk J. Chem.* 26: 851-862.
16. Fan, c.H., Li, G.X., Gu, Q.R., Zhu, J.Q. and ZU, D.X. 2000. Electrochemical detection of cecropin CM4 gene by single stranded probe and cysteine modified gold electrode. *Anal. Lett.* 33: 1479.
17. Gooding, J.J. 2002. Electrochemical DNA hybridization biosensors. *Electroanal.* 14: 1149-1156.
18. Hiruki, C. 1986. Little leaf of *Bragmansia candida*, a new disease associated with mycoplasma-like organisms. *Ann. Phytopath. Soc. Jpn.* 52: 675-682.

19. Jin, Y., Yao, X., Liu, Q. and Li, J. 2007. Hairpin DNA probe based electrochemical biosensor using methylene blue as hybridization indicator. *Biosensor and Bioelectronics* 22: 1126-1130.
20. Ju, H., Ye, B., and Gu, J. 2004. Supramolecular interaction of ferrocenium with yeast DNA and application in electrochemical sensing for hybridization recognition of yeast DNA. *Sensors* 4: 71-83.
21. Koev, S.T., Dykstra, P.H., Luo, X., Rubloff, G.W., Bentley, W.E., Payne, G.F. and Ghodssi, R. 2010. Chitosan: an integrative biomaterial for lab-on-a-chip devices *Lab Chip*, 10: 3026-3042
22. Kollar, A., E. Seemuller, F. Bonnet, C. Saillard and J.M. Bove, 1990. Isolation of the DNA of various plant pathogenic mycoplasma-like organisms from infected plants. *Phytopathology*, 80: 233-237.
23. Liao, J.C., Mastali, M., Li, Y., Gau, V., Suchard, M.A., Babbitt, J., Gornbein, J., Landaw, E.M., McCabe, E.R.B., Churchill, B.M. and Haake, D.A. 2007. Development of an advanced electrochemical DNA biosensor for bacterial pathogen detection. *J. Mol. Diagn.* 9: 158-168.
24. Lu, Y-C., Chuang, Y-S., Chen, Y-Y., Shu, A-C., Hsu, H-Y., Chang, H-U., and Yew, T-R. 2008. Bacteria detection utilizing electrical conductivity. *Biosensor and Bioelectronics*. 23: 1856-1861.
25. Liu, Y. and Hu, N. 2007. Loading/release behavior of (chitosan/DNA)*n* layer-by-layer films toward negatively charged anthraquinone and its application in electrochemical detection of natural DNA damage. *Biosens and Bioelectron.* 23: 661-667.
26. Nakashima, K., Chaleeprom, W., **Wongkaew, P.**, and Sirithorn, P. 1994. Detection of mycoplasma-like organism associated with white leaf disease of sugarcane in Thailand using DNA probes. *JIRCAS J. 1* : 57-67.
27. Nakashima, K., **Wongkaew, P.**, Chaleeprom, W., Sirithorn, P., and Hayashi, T. 1999. Molecular detection and characterization of phytoplasmas that cause sugarcane white leaf disease. *JIRCAS J. 7* : 1-17.
28. Namba, S., Oyaisu, H., Kato, S., Iwanami, S. and Tsuchizaki, T. 1993. Phylogenetic diversity of phytopathogenic mycoplasma like organisms. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 43: 461-467.
29. Peng, T., Cheng, Qi. And Cheng, Qu. 2002. Determination of short DNA oligomers using an electrochemical biosensor with a conductive self-assembled membrane. *Electroanalysis*. 14: 455-458.
30. Riccardi, C.S., Kranz, C., Kowalik, J., Yamanaka, H., Mizaikoff, B. and Josowicz, M. 2008. Label-free DNA Detection of hepatitis C virus based on modified conducting polypyrrole films

- at microelectrodes and atomic force microscopy tip-integrated electrodes. *Anal. Chem.* 80: 237-245.
31. Shikata, E., Teng, W.S. and Matsumoto, T. 1969. Mycoplasma or PLT-like microorganism detected in leaf of sugarcane plant infected with white leaf disease and suppression of the disease symptoms by the antibiotics of tetracycline group. *J. Fac. Agri. Hokkaido Univ.* 56: 70-90.
 32. Shiraishi, H., Itoh, T., Hayashi, H., Takagi, K., Sakane, M., Mori, T. and Wang, J. 2007. Electrochemical detection of *E. coli* 16S rDNA sequence using air-plasma-activated fullerene-impregnated screenprinted electrodes. *Bioelectrochem.* 70: 481-487.
 33. Wang, J., Rivas, G., Cai, X., Dontha, N., Shiraishi, H., Luo, D. and Valera, F.S. 1997. Sequence-specific electrochemical biosensing of *M. tuberculosis* DNA. *Anal. Chim. Acta* 337: 41-48.
 34. Wongkaew, P. and Fletcher, J. 2004. Sugarcane white leaf phytoplasma in tissue culture: long – term maintenance, transmission, and oxytetracycline remission. *Plant Cell Rep.* 23: 426-434.
 35. Wongkaew, P. and Poosttisak, S. 2008. Direct electrochemical DNA sensor for sugarcane white leaf disease diagnosis using label free DNA probes and oligochitosan self assembled monolayer-modified glassy carbon electrodes. *Proceeding of the 2nd Technology and Innovation for Sustainable Development Conference*, 28-29 January 2008, Khon Kaen, Thailand. International Session 06_008_2008I: p. 504-507.
 36. Wongkaew, P., Hanboonsong, Y., Sirithorn, P., Choosai, C., Boonkrong, S., Tinnangwattana, T., Kitchareonpanya, R., and Damak, S. 1997. Differentiation of phytoplasma associated with sugarcane and gramineous weed white leaf disease and sugarcane grassy shoot disease by RFLP and sequencing. *Theor. Appl. Genet.* 95 : 660-663.
 37. Wongkaew, P., Hanboonsong, Y., Sirithorn, P., Choosai, C., Boonkrong, S., Tinnangwattana, T., and Damark, S. 1998. Genetic diversity among phytoplasma associated with sugarcane white leaf, sugarcane grassy shoot, gramineous weed white leaf diseases and potential insect vectors. 7th Intl. Cong. Plant Pathology, Edinburgh, Scotland, 9-16 Augt. 1998. Theme 2.2.99.
 38. Wongkaew, P., Hanboonsong, Y., Sirithorn, P., Tinnangwattana, T. and Kitchareonpanya, R. 1996. Detection and differentiation of phytoplasma associated with sugarcane white leaf disease using DNA probes and polymerase chain reaction. The 8th Annual Meeting of the Thai Society for Biotechnology and The 1996 Annual Meeting of National Center for Genetic Engineering and Biotechnology, *Biotechnology: Prospects for The Future*. 14-15 November 1996. P.1-11.
 39. Wongkaew, P., Sirithorn, P., Chaleeprom, W., Nakashima, K., Hayashi, T., and Koizumi, M. 1995. Detection of sugarcane white leaf mycoplasma-like organism in field plants and tissue cultures by DNA probes. *In:*

Matangkasombat, P. and Yoshida, T., eds. *Microbial Utilization of Renewable Resources*. Osaka, Japan. International Center of Cooperative Research in Biotechnology. 9 : 406-419.

40. Xu, C., Cai, H., He, P. and Fang, Y. 2001. Electrochemical detection of sequence-specific DNA using a DNA probe labeled with aminoferrocene and chitosan modified electrode immobilized with ssDNA. *Analyst* 126: 62–65.
41. Zhao, H. and Ju, H. 2004. Biosensor for hepatitis B virus DNA PCR product and electrochemical study of the interaction of Di(2,2-bipyridine)Osmium(III) with DNA. *Electroanalysis* 16: 1642-1646.



