

Badanie terenowe: Dalekie UVC skutecznie ogranicza przenoszenie wirusa PRRS drogą powietrzną

Wydział Weterynarii i Nauk o Zwierzętach, Uniwersytet w Kopenhadze, Dania

UV Medico A/S, Aabyhøj, Dania

Maj 2024

Wprowadzenie

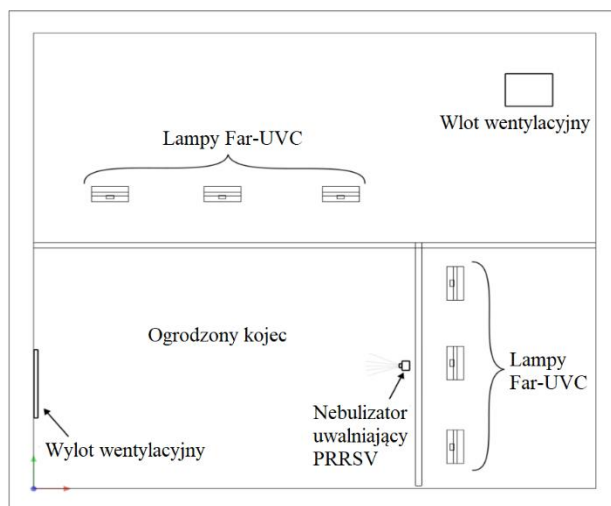
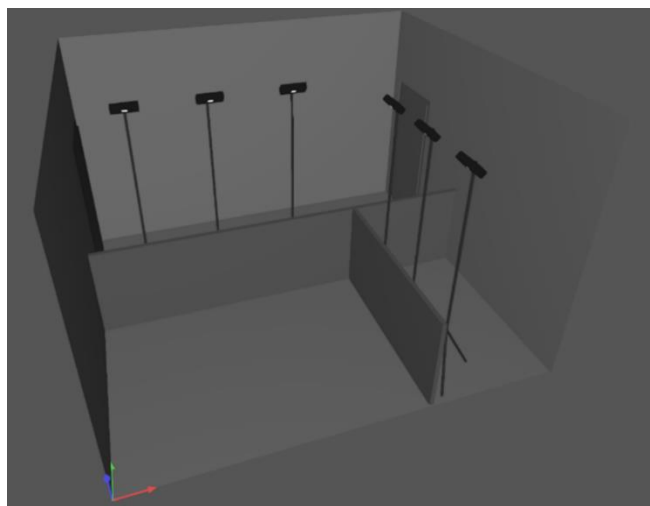
Zespół rozrodczo-oddechowy świń (PRRS) to infekcja wirusowa powodująca zarówno choroby układu oddechowego, jak i niewydolność rozrodczą świń. W 2022 r. duńscy udziałowcy z sektora rolnego, w tym Duńska Rada ds. Rolnictwa i Żywności, Danske Svineslagterier, Sektor Trzody Chlewnej Duńskiej Rady Rolnictwa i Żywności oraz Duńskie Stowarzyszenie Weterynaryjne, zainicjowali krajową strategię łagodzenia PRRS w stadach trzody chlewnej [1]. Wirus może rozprzestrzeniać się poprzez bezpośredni kontakt między świnią lub poprzez transmisję drogą powietrzną, przy czym ta ostatnia stanowi poważne wyzwanie, ponieważ może przemieszczać się na odległość do 9 km [2, 3], potencjalnie zakażając sąsiednie stada. W związku z tym istnieje niezaspokojone zapotrzebowanie na innowacyjne technologie zapobiegające przenoszeniu PRRSV drogą powietrzną między gospodarstwami.

Tradycyjne światło UVC, emitowane o długości fali 254 nm z niskoprężnych lamp rtęciowych, jest wykorzystywane ze względu na swoje właściwości bakteriobójcze od ponad wieku. Chociaż skutecznie dezaktywuje mikroorganizmy, jego zastosowanie ze względu na jego szkodliwy wpływ na ludzi i zwierzęta jest ograniczone do przestrzeni poza obecnością ludzi lub systemów wentylacyjnych [4].

Światło dalekiego UVC, emitowane z lamp ekscymerowych chlorku kryptonu o długości fali 222 nm, zyskało uznanie ze względu na swoją skuteczność bakteriobójczą, a jednocześnie jest bezpieczne dla ludzi i zwierząt [5, 6]. W przeciwieństwie do konwencjonalnego UVC, światło dalekiego UVC jest silnie absorbowane przez białka, co ogranicza jego przenikanie tylko do najbardziej zewnętrznej warstwy martwych komórek skóry [7, 8, 9] oraz bogatej w białko warstwy łzowej oka [10, 11]. Liczne badania laboratoryjne wykazały zdolności bakteriobójcze dalekiego UVC [6, 12, 13], w tym jego skuteczność wobec PRRSV [14, 15], ale badania w warunkach rzeczywistych są nadal rzadkie [16, 17]. Niniejsze badanie terenowe odkrywa zastosowanie światła dalekiego UVC w małym kojcu dla świń, aby ocenić jego praktyczną skuteczność w warunkach rolniczych. Nasze odkrycia podkreślają potencjał dalekiego UVC w inaktywacji PRRSV, a tym samym zapobieganiu przenoszeniu się między sąsiednimi stadami.

Konfiguracja eksperymentalna

Badanie terenowe przeprowadzono w kontrolowanych warunkach na Wydziale Weterynarii i Nauk o Zwierzętach Uniwersytetu w Kopenhadze. Wykorzystano cztery identyczne pomieszczenia, każde o powierzchni około 19 m²; dwa z nich były wyposażone w lampy dalekiego UVC i wyznaczone jako pomieszczenia testowe, podczas gdy pozostałe dwa służyły jako pomieszczenia kontrolne bez lamp dalekiego UVC. W każdym pomieszczeniu znajdowała się jedna ogrodzona zagroda oraz znajdowały się wloty i wyloty wentylacyjne. W każdej sali testowej zainstalowano sześć lamp UV222 Industrial o stopniu ochrony IP66, emitujących światło dalekiego UVC o długości fali 222 nm, kącie rozproszenia 60 stopni i mocy wyjściowej 115 mW. Lampy te zostały umieszczone wokół zagrody na wysokości 2,3 metra i ustawione pod kątem 45 stopni, aby skierować światło w kierunku podłogi zagrody (Rysunek. 1).

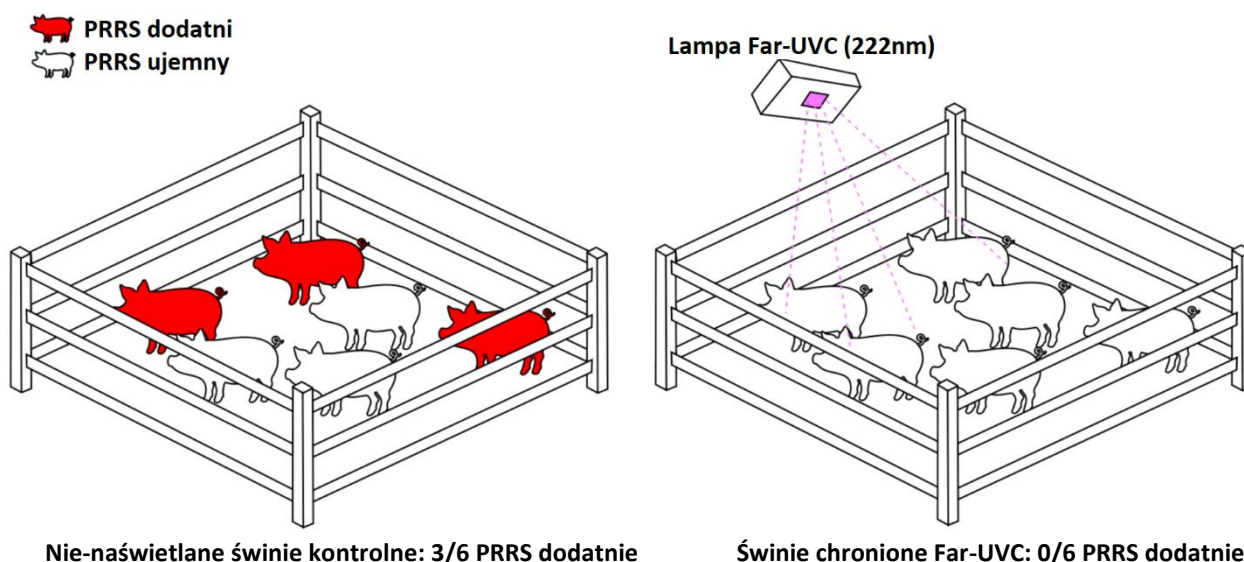


Rysunek 1: Konfiguracja eksperymentalna. Model 3D ogrodzonej zagrody z sześcioma lampami dalekiego UVC umieszczonymi wokół niej. Lampy są zamontowane na wysokości 2,3 metra i skierowane w dół w kierunku podłogi w zagrodzie (A). Schematyczne przedstawienie pomieszczenia jest pokazane z góry, wskazując położenie lamp dalekiego UVC, wlotu i wylotu wentylacji oraz nebulizatora uwalniającego PRRSV do pomieszczenia (B). Pomieszczenie kontrolne jest identyczne, ale bez lamp dalekiego UVC.

Aby symulować unoszące się w powietrzu zanieczyszczenie PRRSV, pod sufitem w każdym pomieszczeniu umieszczono nebulizatory wypełnione roztworem z PRRSV. Nebulizatory generowały zarówno małe cząstki unoszące się w powietrzu, jak i większe cząstki, które szybko się osadzały. Aby zapewnić krążenie w powietrzu wyłącznie lotnych cząstek, nad zagrodą na pierwsze 10 minut po nebulizacji umieszczono plandekę. Większe cząstki osadzały się na plandece, która była następnie usuwana przed wprowadzeniem świń do zagród – po dwie na pomieszczenie. Układ ten powtórzono w trzech niezależnych eksperymentach. Próbkę z powietrza i z powierzchni pobrano z zagród przed i natychmiast po rozprowadzeniu wirusa przez nebulizator, oraz 30 i 60 minut później, aby potwierdzić obecność PRRSV we wszystkich pomieszczeniach. Monitorowanie zakażenia PRRS prowadzono za pomocą próbek krwi pobranych od świń bezpośrednio przed rozpoczęciem eksperymentu i ponownie w ciągu następnych dwóch dni. Świnia została uznana za PRRS-dodatnią, jeśli jej próbka krwi wykazała infekcję w ciągu 48 godzin.

Wyniki

W tym badaniu oceniliśmy skuteczność dalekiego UVC w zapobieganiu przenoszeniu PRRSV drogą powietrzną na świnię. Eksperyment przeprowadziliśmy w identycznych pomieszczeniach, z lampami dalekiego UVC i bez nich. Próbkę powietrza i powierzchni potwierdziły obecność PRRSV we wszystkich pomieszczeniach. W nienapromieniowanych pomieszczeniach kontrolnych, unoszące się w powietrzu PRRS zakażały świnię podczas dwóch z trzech badań, z częstością występowania odpowiednio dwóch i jednej zakażonej świni. Potwierdza to, że nasz eksperymentalny układ jest skuteczny i zdolny do ułatwiania infekcji PRRS u świń poprzez transmisję drogą powietrzną. I odwrotnie, w pomieszczeniach z lampami dalekiego UVC żadna świnią nie zaraziła się PRRS, co świadczy o skuteczności dalekiego UVC w inaktywacji wirusa i zmniejszeniu ryzyka transmisji drogą powietrzną (ryc. 2).



Rysunek 2: Far-UVC chroni świnię przed przenoszeniem PRRS drogą powietrzną. Zagroda po lewej stronie ilustruje wyniki dla nienapromieniowanych świń kontrolnych, u których połowa świń zaraziła się PRRS drogą powietrzną. Czerwone świnię oznaczają dodatni PRRS, a białe świnię oznaczają PRRS-ujemny. Porównując, gdy zastosowano Far-UVC żadna ze świń nie zaraziła się PRRS, jak pokazano z zagrodzie po prawej stronie.

Wnioski

W tej eksperymentalnej konfiguracji Far-UVC zapewniło 100% ochrony przed przenoszeniem PRRS drogą powietrzną. W trzech niezależnych eksperymentach 50% świń w nienapromieniowanych pomieszczeniach kontrolnych zaraziło się wirusem PRRS. Natomiast 0% świń zachorowało na PRRS po zastosowaniu dalekiego UVC.

Pokazuje to skuteczność dalekiego UVC w zapobieganiu przenoszenia PRRS drogą powietrzną i podkreśla jego potencjał w zapobieganiu przenoszenia między sąsiednimi stadami na rzeczywistych fermach trzody chlewnej. Zastosowanie dalekiego UVC nie ogranicza się do ferm trzody chlewnej i PRRS; Obejmuje łagodzenie wszelkich chorób przenoszonych drogą powietrzną w gospodarstwach hodowlanych. W szczególności może skutecznie dezaktywować grypę świń, zmniejszając ryzyko przenoszenia wirusa drogą powietrzną wewnątrz i między gospodarstwami, a także dezaktywować grypę ptaków, zmniejszając ryzyko przeniesienia wirusa przez dzikie ptactwo drogą powietrzną na fermy drobiu.

Odniesienia:

- [1] Strategy for the Reduction of Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome (PRRS) in Pigs in Denmark; 2022. Available from: <https://svineproduktion.dk/Aktuelt/Temaer/PRRS>.
- [2] Dee S, Otake S, Oliveira S, Deen J. Evidence of long distance airborne transport of porcine reproductive and respiratory syndrome virus and *Mycoplasma hyopneumoniae* [Journal Article]. *Vet Res.* 2009;40(4):39.
- [3] Otake S, Dee S, Corzo C, Oliveira S, Deen J. Long-distance airborne transport of infectious PRRSV and *Mycoplasma hyopneumoniae* from a swine population infected with multiple viral variants [Journal Article]. *Vet Microbiol.* 2010;145(3-4):198-208.
- [4] Milonova S, Rudnick S, McDevitt J, Nardell E. Occupant UV exposure measurements for upper-room ultraviolet germicidal irradiation [Journal Article]. *J Photochem Photobiol B.* 2016;159:88-92.
- [5] G"orlitz M, Justen L, Rochette PJ, Buonanno M, Welch D, Kleiman NJ, et al.. Assessing the safety of new germicidal far-UVC technologies [Journal Article]; 2023.
- [6] Hessling M, Haag R, Sieber N, Vatter P. The impact of far-UVC radiation (200-230 nm) on pathogens, cells, skin, and eyes- a collection and analysis of a hundred years of data [Journal Article]. *GMS Hyg Infect Control.* 2021;16:Doc07.
- [7] Buonanno M, Ponnaiya B, Welch D, Stanislauskas M, Randers-Pehrson G, Smilenov L, et al. Germicidal Efficacy and Mammalian Skin Safety of 222-nm UV Light [Journal Article]. *Radiat Res.* 2017;187(4):483-91.
- [8] Eadie E, Barnard IMR, Ibbotson SH, Wood K. Extreme Exposure to Filtered Far-UVC: A Case Study(†) [Journal Article]. *Photochem Photobiol.* 2021;97(3):527-31.
- [9] Narita K, Asano K, Morimoto Y, Igarashi T, Nakane A. Chronic irradiation with 222-nm UVC light induces neither DNA damage nor epidermal lesions in mouse skin, even at high doses [Journal Article]. *PLoS One.* 2018;13(7):e0201259.
- [10] Kaidzu S, Sugihara K, Sasaki M, Nishiaki A, Ohashi H, Igarashi T, et al. Re-Evaluation of Rat Corneal Damage by Short-Wavelength UV Revealed Extremely Less Hazardous Property of Far-UV-C(†) [Journal Article]. *Photochem Photobiol.* 2021;97(3):505-16.
- [11] Sugihara K, Kaidzu S, Sasaki M, Ichioka S, Takayanagi Y, Shimizu H, et al. One-year Ocular Safety Observation of Workers and Estimations of Microorganism Inactivation Efficacy in the Room Irradiated with 222-nm Far Ultraviolet-C Lamps [Journal Article]. *Photochem Photobiol.* 2022.
- [12] Narita K, Asano K, Naito K, Ohashi H, Sasaki M, Morimoto Y, et al. 222-nm UVC inactivates a wide spectrum of microbial pathogens [Journal Article]. *J Hosp Infect.* 2020.
- [13] Welch D, Buonanno M, Grilj V, Shuryak I, Crickmore C, Bigelow AW, et al. Far-UVC light: A new tool to control the spread of airborne-mediated microbial diseases [Journal Article]. *Sci Rep.* 2018;8(1):2752.
- [14] Li P, Koziel J, Zimmerman J, Zhang J, Cheng TY, Yim-Im W, et al. Mitigation of Airborne PRRSV Transmission with UV Light Treatment: Proof-of-Concept [Journal Article]. *Agriculture.* 2021;11(3):259. Available from: <https://dx.doi.org/10.3390/agriculture11030259>. 3
- [15] Li P, Koziel JA, Zimmerman JJ, Zhang J, Cheng TY, Yim-Im W, et al. Correction: Li et al. Mitigation of Airborne PRRSV Transmission with UV Light Treatment: Proof-of-Concept. *Agriculture* 2021, 11, 259 [Journal Article]. *Agriculture.* 2022;12(5):680. <https://dx.doi.org/10.3390/agriculture12050680>. Available from:
- [16] Buonanno M, Kleiman NJ, Welch D, Hashmi R, Shuryak I, Brenner DJ. 222 nm far-UVC light markedly reduces the level of infectious airborne virus in an occupied room [Journal Article]. *Sci Rep.* 2024;14(1):6722.
- [17] Eadie E, Hiwar W, Fletcher L, Tidswell E, O'Mahoney P, Buonanno M, et al. Far-UVC (222 nm) efficiently inactivates an airborne pathogen in a room-sized chamber [Journal Article]. *Sci Rep.* 2022;12(1):4373. 4