

doi: 10.16104/j.issn.1673-1891.2024.02.002

## 肉鹅坦布苏病毒病免疫程序初探

段娜<sup>1</sup>, 韦汉群<sup>1</sup>, 何晓露<sup>2</sup>, 张文丽<sup>1</sup>, 杨凤仪<sup>1</sup>, 郝桂英<sup>1,3\*</sup>

(1. 西昌学院动物科学学院, 四川 西昌 615013; 2. 西昌市农业农村局, 四川 西昌 615000; 3. 攀西动物疫病检测与防控实验室, 四川 西昌 615013)

**摘要:** 为了制定合理、有效的肉鹅坦布苏病毒病免疫程序, 选取鸭坦布苏病毒病灭活疫苗(HB株)和弱毒疫苗(FX2010-180P株)对7日龄和14日龄浙东白鹅进行不同疫苗组合(7日龄灭活苗+21日龄灭活苗组(A组)、7日龄弱毒疫苗组(B组)、7日龄弱毒疫苗+21日龄灭活苗组(C组)、14日龄灭活苗+28日龄灭活苗组(D组)、14日龄弱毒疫苗组(E组)、14日龄弱毒疫苗+28日龄灭活苗组(F组)、未免疫组(G组))的试验, 用双抗体夹心ELISA法检测免疫后不同时间的抗体含量。结果表明: 弱毒疫苗免疫组产生抗体较其他组快, 但抗体含量持续时间较短; 灭活疫苗+灭活疫苗(A组和D组)抗体含量从免疫完成后第24~36天抗体含量均高于弱毒疫苗(B组和E组)和弱毒疫苗+灭活疫苗(C组和F组), 抗体持续时间更长。建议肉鹅可在14日龄用坦布苏病毒病灭活疫苗进行首免, 14 d后再接种一次, 可获得较高的抗体含量。

**关键词:** 坦布苏病毒; 灭活疫苗(HB株); 弱毒疫苗(FX2010-180P株); 浙东白鹅

中图分类号: S852.65 文献标志码: A 文章编号: 1673-1891(2024)02-0011-06

## Preliminary Study on Vaccination Procedure of Tembusu Virus Disease in Geese

DUAN Na<sup>1</sup>, WEI Hanqun<sup>1</sup>, HE Xiaolu<sup>2</sup>, ZHANG Wenli<sup>1</sup>, YANG Fengyi<sup>1</sup>, HAO Guiying<sup>1,3\*</sup>

(1. College of Animal Science, Xichang University, Xichang 615013, Sichuan, China; 2. Xichang Agricultural and Rural Bureau, Xichang 615000, Sichuan, China; 3. Panxi Laboratory of Animal Epidemic Disease Detection and Control of Sichuan, Xichang 615013, Sichuan, China)

**Abstract:** In order to formulate a scientific and efficient vaccination procedure of Tembusu virus disease in meat geese, inactivated vaccine (HB strain) and attenuated vaccine (FX2010-180P strain) of duck Tembusu virus disease were selected to carry out different vaccine combinations (7-day-old inactivated vaccine + 21-day-old inactivated vaccine group (group A), 7-day-old attenuated vaccine group (group B), 7-day-old attenuated vaccine + 21-day-old inactivated vaccine group (group C), 14-day-old inactivated vaccine + 28-day-old inactivated vaccine group (group D), 14-day-old attenuated vaccine group (group E), 14-day-old attenuated vaccine + 28-day-old inactivated vaccine group (group F), non-immunized group (group G)) test on 7-day-old and 14-day-old Zhedong white geese in this study. Double antibody sandwich ELISA was used to detect the antibody content at different periods after vaccination. The results showed that: attenuated vaccinated group produced antibodies faster than the other groups, but the antibody content did not last long. The antibody contents of inactivated vaccine + inactivated vaccine (group A, group D) were higher

收稿日期: 2023-11-17

基金项目: 西昌市农业科技创新项目(KJcx-2021-01)。

作者简介: 段娜(1998—), 女, 四川绵阳人, 本科生, 研究方向: 动物传染病, e-mail: 2556737738@qq.com。

\*通信作者: 郝桂英(1980—), 女, 四川荣县人, 教授, 博士, 研究方向: 动物疫病防控, e-mail: haoguiying@163.com。

than that of attenuated vaccine (group B, group E) and attenuated vaccine + inactivated vaccine (group C, group F) from day 24th to day 36th after vaccination completion, and the antibodies last longer. According to the results of this study, it is suggested that meat geese can be vaccinated with inactivated vaccine of Tembusu virus disease at 14-day-old, and then vaccinated again 14 days later to obtain higher antibody content.

**Keywords:** Tembusu virus; inactivated vaccine (HB strain); attenuated vaccine (FX2010-180P strain); Zhedong white geese

## 0 引言

坦布苏病毒病是由坦布苏病毒(Tembusu virus, TMUV)引起鸭、鹅、鸡、鸽、麻雀等多种禽类感染的一种急性、高度接触性的新型传染病,以产蛋下降、瘫痪及出血性卵巢炎为主要特征<sup>[1]</sup>,严重者出现死亡<sup>[2-3]</sup>。该病自 2010 年首次在我国暴发以来,已在浙江、福建、江苏、上海、江西、安徽、山东、河北、河南、湖南、湖北、北京、广东、广西、重庆、黑龙江、四川、贵州、云南、内蒙古等省(自治区、直辖市)发生和传播,死亡率为 5%~30%<sup>[4-6]</sup>,已经成为养禽业中的一种重要传染病<sup>[7]</sup>,严重威胁我国养禽业的健康发展<sup>[8]</sup>。TMUV 还可以感染人类,具有潜在的公共卫生安全风险<sup>[9-11]</sup>。

疫苗免疫是防控坦布苏病毒病感染最有效的方式。目前中国市场上预防该病的商品化疫苗主要有 HB 株灭活疫苗、FX2010-180P 株弱毒疫苗和 WF100 株弱毒疫苗。已有学者报道不同疫苗免疫鸭后产生抗体的快慢、消长情况有差异<sup>[12-14]</sup>,但迄今国内外尚未见鹅接种坦布苏病毒病疫苗后免疫效果的相关报道。

浙东白鹅,又名象山白鹅、奉化白鹅、定海白鹅、绍兴白鹅,是我国著名的中型白羽肉鹅地方品种,主要分布在浙江省东部的象山县和奉化县(今浙江省宁波市奉化区)<sup>[15]</sup>,具有早期生长速度快、肉质鲜嫩、性成熟早、耐粗饲、抗病力强等优点,2021 年已在四川省凉山彝族自治州引种饲养成功。本研究选用浙东白鹅雏鹅为试验鹅,设立不同种类鸭坦布苏病毒病疫苗、免疫时间、免疫次数等试验组,以期制定出肉鹅坦布苏病毒病的最佳免疫程序,为

我国肉鹅坦布苏病毒病的免疫防控提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验动物及饲养

1 日龄浙东白鹅于 2023 年 2 月 27 日购自浙江象山文杰大白鹅养殖有限公司,饲养于四川西昌华农禽业有限公司的鹅场;从中随机选取 84 只健康浙东白鹅,平均分为 7 组,每组 12 只,自由采食、饮水,不同阶段饲喂不同营养水平的日粮。1~18 日龄采用网上育雏,各组鹅单独隔离饲养。1~7 日龄鹅舍保持室温(29±1)℃、湿度 65%左右,7 日龄后逐渐开始降温 and 减少光照时间。各组鹅 19 日龄转至育肥场单独隔离饲养,采用半开放式鹅舍地面平养,圈舍内侧为休息区,外侧为活动区,设有料槽、水槽和浅水池。所有试验鹅在 1 日龄和 5 日龄均同时注射小鹅瘟抗体和痛风抗体,10 日龄进行禽流感疫苗免疫。

### 1.2 主要试剂与仪器

主要试剂:鸭坦布苏病毒病灭活疫苗(HB 株),购自北京信得威特科技有限公司;鸭坦布苏病毒病活疫苗(FX2010-180P 株),购自吉林正业生物制品股份有限公司;鹅坦布苏病毒抗体(Tv Ab)酶联免疫分析试剂盒,购自上海恒远生物科技有限公司。

主要仪器:超净工作台(SJ-CJ-2D 型,苏洁医疗器械(苏州)有限公司);高速冷冻离心机(5810R, eppendorf);酶标仪(iMark, BID-RAD)。

### 1.3 试验分组

A 组(7 日龄灭活苗+21 日龄灭活苗组):雏鹅饲养至 7 日龄,颈部皮下注射 HB 株灭活疫苗,0.5 mL/只;14 d 后(21 日龄)用相同剂量和方法加强免疫 1 次。

B组(7日龄弱毒疫苗组): 雏鹅饲养至7日龄, 颈部皮下注射FX2010-180P株活疫苗, 0.2 mL/只。

C组(7日龄弱毒疫苗+21日龄灭活苗组): 雏鹅饲养至7日龄, 颈部皮下注射FX2010-180P株活疫苗, 0.2 mL/只; 14 d后(21日龄)颈部皮下注射HB株灭活疫苗, 0.5 mL/只。

D组(14日龄灭活苗+28日龄灭活苗组): 雏鹅饲养至14日龄, 颈部皮下注射HB株灭活疫苗, 0.5 mL/只; 14 d后(28日龄)用相同剂量和方法加强免疫1次。

E组(14日龄弱毒疫苗组): 雏鹅饲养至14日龄, 颈部皮下注射FX2010-180P株活疫苗, 0.2 mL/只。

F组(14日龄弱毒疫苗+28日龄灭活苗组): 雏鹅饲养至14日龄, 颈部皮下注射FX2010-180P株活疫苗, 0.2 mL/只; 14 d后(28日龄)颈部皮下注射HB株灭活疫苗, 0.5 mL/只。

G组(对照组, 即未免疫组): 不做任何处理。

#### 1.4 采血

各组在首次注射疫苗前1天随机选择3只鹅进行跖骨内侧静脉采血; 免疫完成后(以下简称免疫后)每隔3天随机选择3只鹅采血一次, 即在免疫后前1天和第4、8、12、16、20、24、28、32、36天采集血液, 并在上市售卖前1天(第97日龄)采血1次。

#### 1.5 血清分离及灭活处理

将采集的鹅血液6 000 r/min离心10 min, 分离血清, 并将分离的血清在56 °C处理30 min, 冷却至室温后冻存于-20 °C。

#### 1.6 ELISA 检测

按照鹅坦布苏病毒抗体酶联免疫分析试剂盒说明书对以上待检血清进行坦布苏病毒抗体含量检测。

#### 1.7 数据分析

用Excel 2016软件整理坦布苏病毒抗体含量数据, 以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 并用SPSS 21.0软件进行方差(ANOVA)分析(方差不齐时使用Brown-Forsythe检验), 比较各免疫组的抗体水平的差异。当 $P < 0.05$

时, 表示差异有统计学意义。

## 2 结果与分析

从表1可以看出:(1)D组、E组和F组免疫前1天(13日龄)比A组、B组和C组免疫前1天(6日龄)的抗体含量低, 说明随着日龄的增加, 母源抗体在逐渐降低;(2)不同接种组血清抗体含量均有增加的趋势, 尤其在接种完成后的中后期(第16~32天)各接种组血清抗体含量与对照组相比, 大部分均增加, 其中接种完成后第20天和第24天各组抗体含量均显著高于对照组( $P < 0.05$ ), 说明灭活疫苗和弱毒疫苗均能刺激雏鹅产生抗体;(3)B组、F组接种弱毒疫苗后产生抗体较其他组快, 接种完成后第4天抗体含量显著高于对照组( $P < 0.05$ ), 但抗体含量持续时间不长;(4)灭活疫苗+灭活疫苗组(A组和D组)抗体含量从接种完成后第24~36天抗体含量均高于弱毒疫苗组(B组和E组)和弱毒疫苗+灭活疫苗组(C组和F组), 且抗体持续时间更长。虽然A组与D组抗体含量差异不大, 但D组抗体含量在接种完成后前16天稍高于A组。在免疫后第12天, A组、B组、C组和F组的抗体含量均比第8天的含量低, 特别F组低得较多, 可能与采集不同的鹅有关, 说明免疫接种后不同的鹅产生的抗体含量有差异。

根据试验结果, 建议肉鹅可在14日龄用坦布苏病毒病灭活疫苗进行首免, 14 d后再接种一次, 可获得较高的抗体含量。

## 3 讨论与结论

雏鹅、产蛋鹅均对坦布苏病毒易感, 感染后呈现高发病率。雏鹅多在20~30日龄发病, 主要出现摇头、软脚等神经症状。种鹅感染坦布苏病毒后, 出现体温升高, 精神沉郁, 采食量下降, 产蛋量下降伴随蛋品质下降, 少数病鹅出现流泪、眼肿胀、呼吸困难等症状。发病后期部分鹅出现神经症状。剖

表 1 各免疫组鹅坦布苏病毒血清抗体质量分数

pg/mL

采血时间	A 组	B 组	C 组	D 组	E 组	F 组	G 组
免疫前 1 天	75.91±9.32 <sup>a</sup>	72.34±11.29 <sup>a</sup>	74.76±3.30 <sup>a</sup>	46.06±10.53 <sup>a</sup>	39.96±4.34 <sup>a</sup>	39.25±10.46 <sup>a</sup>	77.82±1.11 <sup>a</sup>
免疫后第 4 天	116.50±8.07 <sup>b</sup>	185.84±6.56 <sup>a</sup>	120.88±1.04 <sup>ab</sup>	137.94±28.58 <sup>ab</sup>	130.41±7.71 <sup>ab</sup>	187.89±14.58 <sup>a</sup>	78.78±1.35 <sup>b</sup>
免疫后第 8 天	182.34±6.62 <sup>a</sup>	216.62±6.06 <sup>a</sup>	206.80±6.54 <sup>a</sup>	195.31±7.09 <sup>a</sup>	154.64±7.16 <sup>ab</sup>	223.65±37.38 <sup>a</sup>	84.56±1.31 <sup>b</sup>
免疫后第 12 天	166.51±36.44 <sup>bc</sup>	214.61±6.14 <sup>b</sup>	150.56±16.27 <sup>bc</sup>	236.92±16.92 <sup>ab</sup>	325.65±29.15 <sup>a</sup>	98.22±0.42 <sup>c</sup>	78.78±1.35 <sup>c</sup>
免疫后第 16 天	150.89±13.29 <sup>bc</sup>	168.24±6.89 <sup>b</sup>	220.50±7.39 <sup>ab</sup>	166.49±15.85 <sup>bc</sup>	308.74±25.43 <sup>a</sup>	262.76±31.93 <sup>a</sup>	82.67±0.92 <sup>c</sup>
免疫后第 20 天	236.02±0.74 <sup>a</sup>	185.19±28.06 <sup>a</sup>	223.81±12.01 <sup>a</sup>	178.32±23.65 <sup>a</sup>	182.96±6.14 <sup>a</sup>	187.56±10.67 <sup>a</sup>	80.66±1.34 <sup>b</sup>
免疫后第 24 天	366.49±47.42 <sup>a</sup>	258.01±23.48 <sup>a</sup>	274.50±5.61 <sup>a</sup>	354.14±20.61 <sup>a</sup>	246.84±33.35 <sup>a</sup>	332.96±1.06 <sup>a</sup>	79.56±1.35 <sup>b</sup>
免疫后第 28 天	469.61±11.75 <sup>a</sup>	137.48±18.26 <sup>d</sup>	317.25±1.05 <sup>b</sup>	451.73±14.15 <sup>a</sup>	225.66±34.86 <sup>c</sup>	351.39±1.07 <sup>b</sup>	73.73±1.12 <sup>d</sup>
免疫后第 32 天	362.53±30.49 <sup>a</sup>	217.45±21.65 <sup>bc</sup>	265.96±4.10 <sup>abc</sup>	303.07±24.14 <sup>ab</sup>	181.07±32.47 <sup>c</sup>	270.96±5.60 <sup>abc</sup>	75.45±1.38 <sup>d</sup>
免疫后第 36 天	370.71±7.70 <sup>a</sup>	141.09±4.60 <sup>c</sup>	131.28±0.94 <sup>c</sup>	296.39±20.85 <sup>ab</sup>	268.52±36.61 <sup>b</sup>	130.26±9.24 <sup>c</sup>	73.73±1.27 <sup>c</sup>
第 97 日龄	94.71±7.92 <sup>a</sup>	89.03±7.53 <sup>a</sup>	90.62±8.33 <sup>a</sup>	86.99±5.42 <sup>a</sup>	93.14±0.39 <sup>a</sup>	91.29±10.45 <sup>a</sup>	69.55±0.40 <sup>a</sup>

注:同行数据后相同小写字母表示差异无统计学意义( $P>0.05$ ),不同小写字母表示差异有统计学意义( $P<0.05$ )。

检病鹅可见卵巢、肝脏、脾脏等出血、坏死,脑膜及脑组织出血,个别心肌出血<sup>[16]</sup>。2019年安徽省雏鹅群的坦布苏病毒病死亡率达50%,严重危害养鹅业的发展<sup>[4,17-18]</sup>。有报道显示,鸭源与鹅源坦布苏病毒同源性较高,暂未发现该病毒在家禽间有明显的宿主特异性<sup>[17]</sup>,需要从生物安全防控、饲养管理等方面采取合理的措施防控坦布苏病毒病。

目前,疫苗接种是预防和控制坦布苏病毒病最经济有效的措施之一<sup>[19]</sup>。自疫苗上市以来,该病的流行和传播得到了有效的控制。关于母源抗体和首免日龄,韩春华等<sup>[20]</sup>报道7日龄雏鸭坦布苏病毒母源抗体阳性率为50%,15日龄时降至全阴性,推荐HB株灭活疫苗首次免疫雏鸭以7~10日龄为最佳。本研究显示,雏鹅14日龄抗体含量虽低,但不是阴性,这可能与鹅品种有关。张瑞辰<sup>[21]</sup>建议5~9日龄颈部皮下注射WF100株弱毒疫苗进行首免,后续可以进行加强免疫,紧急接种可适当加大剂量。贺大林等<sup>[22]</sup>推荐用弱毒疫苗对7~10日龄肉鸭进行免疫接种。迄今,尚未见鹅坦布苏病毒病疫苗母源抗体变化情况的报道。因此,本研究选择7日龄和14日龄浙东白鹅雏鹅进行首免以确定浙东白鹅首免的最佳时间。

关于疫苗产生速度和持续期,叶伟成等<sup>[14]</sup>报道坦布苏病毒弱毒疫苗产生抗体速度快,比灭活疫苗免疫组要早14天左右,适合于受鸭坦布苏病毒威胁时紧急免疫或没有母源抗体的雏鸭首次免疫,但抗体阳性率在免疫后4周左右开始下降,3个月后抗体阳性率下降至60%~70%。本研究发现FX2010-180P株弱毒疫苗在雏鹅接种完成后的抗体含量虽然比HB株灭活疫苗组的抗体含量高,但弱毒疫苗组持续时间短,在第28天后抗体含量均逐渐下降,这可能与地区、接种动物品种等因素有关。李建功<sup>[12]</sup>报道灭活疫苗免疫后产生抗体的持续期长,免疫后6个月抗体阳性率维持在90%以上,且抗体滴度要高于弱毒苗。段慧娟等<sup>[23]</sup>报道皮下注射HB株灭活疫苗的免疫持续期为60d。

不同鸭群对疫苗接种后产生的免疫反应不同,吕金宝<sup>[24]</sup>认为弱毒苗对鸭免疫系统有一定影响,灭活苗未见明显影响。由于未见鹅群对疫苗接种后产生的免疫反应报道,因此,为了减少对雏鹅的免疫应激,建议选择灭活疫苗进行免疫。唐皓雪等<sup>[25]</sup>提出HB株灭活苗属于坦布苏谱系II,目前西南地区流行毒株主要为谱系I,其对于不同谱系毒株感染时的保护效力尚不明确。童佳欣等<sup>[26]</sup>报道坦布

苏病毒作为单股正链RNA病毒较易发生基因突变,长时间流行野毒株与疫苗毒株之间容易形成遗传差异甚至是性状差异,影响疫苗免疫保护效果。李海琴等<sup>[27]</sup>报道2020—2021年江西省11个规模化种鸭场鸭坦布苏病毒病抗体水平普遍不高,总阳性率仅为61.15%(754/1 233),仅有3个场达到国家合格率标准。因此,免疫后监测抗体水平非常重要。

免疫程序不能生搬硬套,也不能一成不变。应坚持定期监测疫苗免疫抗体水平,根据监测情况和疫病流行情况制定科学的免疫程序,同时加强对养

殖场防疫人员的专业培训。逯璐等<sup>[28]</sup>报道山东南地区鸭坦布苏病毒阳性率为17.30%(128/740),即使大规模用了弱毒苗进行预防,发病也十分常见。因此,严格规范疫苗接种操作程序,确保免疫剂量和效果,才能做好坦布苏病毒病的防控。

本研究通过对7日龄和14日龄浙东白鹅进行坦布苏病毒病不同疫苗组合、免疫次数的试验,建议肉鹅可在14日龄用坦布苏病毒病灭活疫苗(HB株)进行首免,14 d后再接种一次,可获得较高的抗体含量。

#### 参考文献:

- [1] ZHANG W, CHEN S, MAHALINGAM S, et al. An updated review of avian-origin Tembusu virus: a newly emerging avian Flavivirus[J]. *Journal of General Virology*, 2017, 98(10): 2413-2420.
- [2] CAO Z Z, ZHANG C, LIU Y H, et al. Tembusu virus in ducks, China[J]. *Emerging Infectious Diseases*, 2011, 17(10): 1873-1875.
- [3] 刘月焕. 加快推进我国水禽疫病防控技术的研究[J]. *中国农业科学*, 2019, 52(23): 4386-4389.
- [4] HAN K K, HUANG X M, LI Y, et al. Complete genome sequence of goose Tembusu virus, isolated from Jiangnan white geese in Jiangsu, China[J]. *Genome Announcements*, 2013, 1(2): e0023612.
- [5] 刘建涛, 孙法良, 杨同涛, 等. 再谈鸭黄病毒病[J]. *家禽科学*, 2017(9): 44-46.
- [6] HAMEL R, PHANTCHAT T, WICHIT S, et al. New insights into the biology of the emerging Tembusu virus[J]. *Pathogens*, 2021, 10(8): 1010.
- [7] FENG C L, JIN M L, YANG L X, et al. Pathogenicity of a Jinding duck-origin cluster 2.1 isolate of Tembusu virus in 3-week-old Pekin ducklings[J]. *Veterinary Microbiology*, 2020, 251: 108870.
- [8] 张帆帆, 曾艳兵, 方绍培, 等. 鸭坦布苏病毒病的研究进展[J]. *畜牧兽医学报*, 2021, 52(6): 1489-1497.
- [9] TANG Y, GAO X, DIAO Y, et al. Tembusu virus in human, China[J]. *Transboundary and Emerging Diseases*, 2013, 60(3): 193-196.
- [10] 黄允真, 孙敏华, 廖明. 鸭坦布苏病毒病的研究进展[J]. *广东农业科学*, 2020, 47(11): 182-190.
- [11] PULMANAUSAHAKUL R, KETSUWAN K, JAIMIPUK T, et al. Detection of antibodies to duck tembusu virus in human population with or without the history of contact with ducks[J]. *Transboundary and Emerging Diseases*, 2022, 69(2): 870-883.
- [12] 李建功. 鸭坦布苏病毒病灭活疫苗的免疫效力评价[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2019.
- [13] 徐鑫. 坦布苏病毒的遗传变异分析及弱毒疫苗对不同日龄雏鸭的免疫保护效果评价[D]. 泰安: 山东农业大学, 2020.
- [14] 叶伟成, 华炯钢, 倪征, 等. 不同鸭坦布苏病毒疫苗免疫效果的比较[J]. *浙江农业科学*, 2022, 63(7): 1542-1544.
- [15] 陈维虎, 王亚琴, 俞照正, 等. 浙东白鹅产业现状与发展前景[J]. *中国禽业导刊*, 2004(6): 19.
- [16] 黄荣. 一株鹅源坦布苏病毒的分离鉴定与致病性研究[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2021.
- [17] WANG J M, LIU W T, MENG G, et al. Isolation and genome characterization of a novel duck Tembusu virus with a 74 nucleotide insertion in the 3' non-translated region[J]. *Avian Pathology*, 2015, 44(2): 92-102.

- [18] ZHU Y Q, HU Z J, LV X, et al. A novel Tembusu virus isolated from goslings in China form a new subgenotype 2.1.1 [J]. *Transboundary and Emerging Diseases*, 2022, 69(4): 1782–1793.
- [19] YANG Z Y, WANG J Q, WANG X Q, et al. Immunogenicity and protective efficacy of an EB66® cell culture-derived duck Tembusu virus vaccine [J]. *Avian Pathology*, 2020, 49(5): 448–456.
- [20] 韩春华, 赵际成, 段会娟, 等. 鸭坦布苏病毒病灭活疫苗(HB)株母源抗体的消长规律 [J]. *中国农业科学*, 2016, 49(14): 2837–2843.
- [21] 张瑞辰. 鸭坦布苏病毒LJ-20株的分离鉴定及致病性研究 [D]. 合肥: 安徽农业大学, 2021.
- [22] 贺大林, 王丽慧, 刁有祥. 水禽坦布苏病毒病的流行情况与防控 [J]. *养禽与禽病防治*, 2022 (2): 25–36.
- [23] 段会娟, 林健, 杨志远, 等. 鸭坦布苏病毒病灭活疫苗(HB株)免疫产生期和持续期的试验 [J]. *中国兽医杂志*, 2017, 53(6): 106–108.
- [24] 吕金宝. 鸭坦布苏病毒病疫苗免疫鸭的研究 [D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2018.
- [25] 唐皓雪, 贾仁勇. 四川省鸭坦布苏病毒的分离鉴定及遗传进化分析 [J]. *病毒学报*, 2022, 38(5): 1173–1181.
- [26] 童佳欣, 王杰煌, 朱婉君, 等. 三株鹅源坦布苏病毒的分离鉴定及遗传进化分析 [J]. *中国家禽*, 2023, 45(5): 48–56.
- [27] 李海琴, 方绍培, 谭美芳, 等. 江西部分地区种鸭坦布苏病毒病及鸭瘟免疫状况调查与分析 [J]. *江西农业大学学报*, 2021, 43(5): 1124–1128.
- [28] 逯璐, 朱广伟, 于森, 等. 鲁西地区 4 种鸭源重要病毒感染的调查与分析 [J]. *家畜生态学报*, 2020, 41(10): 62–65.

---

(上接第 10 页)

- [22] HUANG Y S, DONG H, MOU C L, et al. Ribonuclease H-like gene *SMALL GRAIN2* regulates grain size in rice through brassinosteroid signaling pathway [J]. *Journal of Integrative Plant Biology*, 2022, 64(10): 1883–1900.
- [23] YOSHIHARA T, IINO M. Identification of the gravitropism-related rice gene *LAZY1* and elucidation of *LAZY1*-dependent and -independent gravity signaling pathways [J]. *Plant and Cell Physiology*, 2007, 48(5): 678–688.
- [24] ZHANG H, LI X, SANG D J, et al. *PROG1* acts upstream of *LAZY1* to regulate rice tiller angle as a repressor [J]. *The Crop Journal*, 2023, 11(2): 8.
- [25] HU Y, LI S L, FAN X W, et al. *OsHOX1* and *OsHOX28* redundantly shape rice tiller angle by reducing *HSA2D* expression and auxin content [J]. *Plant Physiology*, 2020, 184(3): 1424–1437.
- [26] ZHANG N, YU H, YU H, et al. A core regulatory pathway controlling rice tiller angle mediated by the *LAZY1*-dependent asymmetric distribution of auxin [J]. *The Plant Cell*, 2018, 30(7): 1461–1475.
- [27] LI Z, LIANG Y, YUAN Y D, et al. *OsBRXL4* regulates shoot gravitropism and rice tiller angle through affecting *LAZY1* nuclear localization [J]. *Molecular Plant*, 2019, 12(8): 1143–1156.