

# 猪流感研究进展

张明明<sup>1</sup>, 王强<sup>2</sup>, 王小辉<sup>3</sup> (1. 安徽省农业科学院情报研究所, 安徽合肥 230010; 2. 西北农林科技大学动物医学院, 陕西杨凌 712100; 3. 中国农业科学院兰州畜牧与兽药研究所, 甘肃兰州 730050)

**摘要** 猪流感是由猪流感病毒引起的一种呼吸道传染病。近期出现了严重的 A(H1N1) 流感疫情, 由于猪在人流感和禽流感之间发挥着“混合器”的作用, 因此猪流感具有重要的公共卫生意义。该文介绍了猪流感新的流行病学资料、诊断和防制的新方法及其公共卫生上的重要意义, 为更好的防制猪流感、人流感和禽流感提供参考。

**关键词** 猪流感; 流行; 诊断; 防制; 公共卫生

**中图分类号** S858.28 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2009)16-07450-04

## Review of Swine Influenza

ZHANG Ming-ming et al (Information Institute, Anhui Academy of Agricultural Sciences, Hefei, Anhui 230010)

**Abstract** The swine influenza caused by swine influenza virus is a respiratory disease. Severe A(H1N1) influenza has appeared recently. Because pigs are the “mixture” of human and avian influenza virus, swine influenza is of great significance for public health. This paper presents new epidemiological information, novel methods of diagnosis and control, and public health significance of swine influenza so as to provide reference for better prevention and control of influenza in pigs, human, and birds.

**Key words** Swine influenza; Prevalence; Diagnosis; Control; Public health

猪流感 (Swine influenza) 是由猪流感病毒 (Swine influenza virus, SIV) 引起的猪的一种急性、热性和高度接触性呼吸道传染病, 临床上以突发高热、咳嗽、呼吸困难、衰竭甚至死亡为特征, 给养猪业带来了极大的危害。近期出现了严重的人流感病毒疫情即 A(H1N1) 型流感 (世界卫生组织) 或称为北美流感 (OIE)。尽管目前尚未在猪群内检测到该流感病毒的流行, 但由于猪在人流感和禽流感 (AIV) 上发挥着“混合器”的作用, 流感病毒可能在猪体内发生基因重排, 产生新的病毒株, 造成新的流行。此外, 人也可以感染猪流感病毒<sup>[1-3]</sup>, 故猪流感具有重大的公共卫生意义。鉴于此, 笔者阐述了近几年猪流感病毒的变异情况和流行病学, 并介绍了在诊断和防制方面的新进展, 以期有助于猪流感和新流感疫情的监控。

## 1 病原

SIV 属于正黏病毒科 (Orthomyxoviridae) 甲型流感病毒属 (Influenzavirus A), 一般呈多形态, 直径 80 ~ 120 nm, 有囊膜, 囊膜上有 2 种纤突, 即血凝素 (HA) 和神经氨酸酶 (NA)。目前已知有 16 种 HA 和 9 种 NA<sup>[4]</sup>, 被认为是确定流感病毒亚型和毒株的主要依据。不同亚型的流感病毒对猪的致病力可能有所差异。Sreta 等研究了 H1N1 和 H3N2 亚型 (泰国分离株) 对断奶乳猪仔的致病力, 发现这 2 种亚型均可诱导流感样症状和肺损伤, 但 H1N1 亚型感染猪的肺损伤程度比 H3N2 亚型感染猪严重<sup>[5]</sup>。SIV 的基因组是单股负链 RNA, 由 8 个分节段的组成, 可通过尿囊腔或羊膜腔接种鸡胚或使用多种细胞 (如鸡胚成纤维细胞、猪睾丸细胞、胎牛肾细胞、犬肾细胞等) 分离和增殖病毒。

## 2 流行病学进展

目前, SI 已遍布美洲、亚洲、非洲、欧洲等世界各地, 分离出 H1N1、H1N2、H2N3、H3N1、H1N7、H3N3、H4N6、H5N1 等多种血清型<sup>[6-9]</sup>, 以 H1 和 H3 为优势血清型。广泛流行于猪群

中的主要有古典 H1N1 亚型 SIV、类禽 H1N1 亚型 SIV 和类人 H3N2 亚型 SIV。中国猪群中的 SIV 主要是 H3N2、H1N1、H1N2 亚型, 也有其他亚型。

(1) 经典 H1N1 亚型 SIV。1918 年美国首次报道了猪流感。20 世纪 70 年代前 SI 主要流行于美国, 其他地方发病较少。直到 1976 年, 可能是由于从美国将猪运输到意大利, 意大利北部爆发了 H1N1 亚型 SI, 随后在欧洲大陆开始广泛流行。70 年代后期以来, 亚洲的许多国家也有发生 SI 的报道。直到 1991 年, 郭元吉等首次从我国的猪体内分离出 H1N1 亚型流感病毒, 病毒基因组的 8 个基因片段均来源于古典 H1N1 亚型 SIV。1918 年发生猪流感时, 人群中正流行 H1N1 亚型流感病毒, 即“西班牙流感”。1930 年, Shop 分离了第一株 SIV, 并认为流感病毒从人传播给了猪。但对猪流感病毒的来源以及引起这个时期人流感和猪流感的病原的关系一直存在争议, 最近的研究似乎更倾向于支持 Shop 的观点。2008 年, Yu 等从 1918 年幸存者体内分离到了分泌流感病毒抗体的 B 细胞, 所分泌的抗体与 1930 年分离的 SIV 的 HA 有交叉反应, 从血清学上证实了 1918 年人流感可能与猪流感有关<sup>[10]</sup>。2009 年, Weingartl 等以质粒衍生的 1918 年 H1N1 亚型人流感病毒 1918/rec 和质粒衍生的 1930 年 H1N1 亚型猪流感病毒 1930/rec 为材料, 研究了 1918 年人流感病毒对猪的毒力, 结果支持了原来的假设即 1918 年大流行的流感病毒也能感染猪并在猪体内复制引起呼吸道疾病, 这个病毒可能是在 1918 年大流感时由人传播给猪, 从而产生了经典 H1N1 亚型 SIV<sup>[11]</sup>。

(2) 类人 SIV。自然条件下猪也感染人流感流行毒株, 如人流感 H3N2 亚型和 H1N1 亚型等。1970 年, Kudin 等从猪体内分离到了第一株人源 H3N2 亚型 SIV。随后, 猪可以感染人流感得到了广泛的证实。H3N2 亚型 SIV 与一个 1973 年的人流感毒株有关, 该病毒在人群里消失后, 持续在欧洲猪群里流行很长时间。Sun 等对同时分离自广东的人和猪 H3N2 亚型流感进行了分析, 认为 2005 年的 H3N2 亚型 SIV 来自 1990 年 H3N2 亚型人流感病毒, 并且 H3N2 亚型人流感

病毒与 H1N1 亚型 SIV 之间的重组比较普遍<sup>[12]</sup>。人 H1N1 流行株较易传染给猪,但是不依赖人群这些病毒很难在猪群里维持下去。2006 年在我国猪群中首次分离到了类人 H1N1 亚型。2009 年, Yu 等对分离的 3 株类人 H1N1 亚型 SIV 进行了序列分析,结果表明所有 3 个毒株与 2000 年左右或 20 世纪 80 年代的人 H1N1 亚型流感病毒高度同源,这说明长期在猪体内存活的人 H1N1 亚型流感病毒未发生变异<sup>[13]</sup>。

(3) 类禽 SIV。在猪群中检测到了多种禽源流感病毒,包括 H1N1、H3N2、H4N6、H3N3、H9N2 等。禽源 H1N1 的抗原性与遗传性不同于古典 H1N1 亚型 SIV,更具有选择的优势。最近的研究结果表明,尽管 1979 年欧洲猪群中流行的禽样 A 型 H1N1 亚型 SIV 和猪群中一直流行的古典 H1N1 亚型 SIV 都以猪为共同的宿主并且都以禽样 H1N1 作为共同的“祖先”,但两者的进化都有历史偶然性,进化轨迹并不相同<sup>[14]</sup>。在我国的猪群中也分离到了禽源流感病毒,如 H9N2、H5N1 亚型<sup>[15-17]</sup>。

### 3 SIV 的变异

SIV 和其他流感病毒一样,极易发生变异,其变异主要分为 2 种,即抗原漂移和抗原转变,其实质是基因的重排和突变。这主要是因为流感病毒 RNA 聚合酶缺乏校正功能,在病毒基因组复制过程中易出现错配;同时,病毒的基因组分散存在,极易发生同源交换而引起抗原的改变。在免疫选择压力下,SIV 各节段发生了不同程度的遗传进化,以 HA 和 NA 的变异速度最快。不同亚型的 SIV 或 SIV 与其他物种的流感病毒混合感染时,有可能发生基因交换或重排,产生新的毒株。

从 20 世纪末期开始,世界范围内的 SI 爆发频繁,SIV 发生变异或重组的频率也越来越高,在猪体内也发现了大量物种内或跨物种的二源或多源重组的 SIV<sup>[18-21]</sup>,这成为 SI 的新特点。如德国 H1N2 亚型 SIV 最早出现于 2000 年,测序结果表明其 NA 基因来自欧洲 H3N2 亚型 SIV,HA 来自欧洲 H1N2 亚型 SIV<sup>[21]</sup>;1978 年日本爆发了猪流感,分离到了 H1N2 亚型 SIV,可能是 H1N1 亚型 SIV 与香港 H3N2 流感病毒重组产生的;美国于 1998 出现了 H3N2 亚型 SIV,古典 H1N1 亚型与 H3N2 亚型病毒的重组产生了 H1N2 和 H1N1 亚型病毒;在欧洲,经过 SIV 与 AIV 的内部基因片段和人 H1N1 和 H3N2 的多次重组,产生了欧洲 H1N2 亚型 SIV。目前,H1N2 亚型 SIV 是 SI 主要病原之一,遍布世界各国,如韩国<sup>[22]</sup>、中国<sup>[23]</sup>、德国<sup>[21]</sup>、西班牙<sup>[24]</sup>、中国台湾<sup>[25]</sup>等。

近年来,跨物种的种间重组更加频繁。2004 年,从有咳嗽症状的猪体内分离到了一株新的重组 H3N1 亚型病毒,其 HA 与同期存在的 H3N2 SIV 相似;NA 则来自同期存在的 H1N1;内部基因来自猪、人和禽的流感病毒,与同期存在的 H3N2 亚型 SIV 相似<sup>[7]</sup>。2006 年, Lekcharoensuk 等报道了美国出现了新的 SIV 亚型 H3N1,从进化分析来看,可能从 H3N2 火鸡分离株获得了 HA 基因,从人 H1N1 分离株获得了 NA 基因,从同期流行的 SIV 获得了其他基因。该 H3N1 SIV 抗原与火鸡病毒相关。感染猪的肺脏损伤和鼻涕外流暗示 H3N1 亚型 SIV 具有在猪群中传播和传染人的潜能<sup>[26]</sup>。2009 年爆发的 A/H1N1 亚型人流感疫情,其病原也是一个新型变

异毒株,包含了来自禽流感、猪流感和人流感的基因(美国 CDC)。

### 4 诊断

由于猪流感与猪支原体肺炎、猪传染性胸膜肺炎、猪繁殖与呼吸综合征等呼吸道传染病的临床症状比较相似,临床诊断时应注意鉴别。在结合流行病学资料初步诊断为 SI 后,需要进行实验室诊断才能确诊。由于猪流感病毒可以通过空气进行传播,样品的采集是进行实验室诊断的一个重要环节,发展了多种空气采样系统。Hermann 等研究表明,采样培养基中某些特定成分影响了采样培养基中病毒检出的可能性,采样培养基、采集器的模式和采样时间等因素均影响了病毒的回收和检测。因此,应针对目的病原体优化空气采样系统,且应在实际的系统效果下分析检测结果<sup>[27]</sup>。

常用的实验室诊断方法有分离病毒、HA/HI 试验、ELISA 试验、免疫荧光法、免疫组织化学法、RT-PCR 等。通过鸡胚接种或细胞培养分离病毒仍是确诊猪流感病毒感染的标准方法。由于 SIV 具有血凝性,可以通过 HA 试验检测样品中的病毒,或通过 HI 对 SIV 进行亚型鉴定。ELISA 敏感性高、特异性强、操作简便,适用于大规模检测。2005 年,日本学者报道了 ESPLINE INFLUENZA A&B-N kit 可以用于猪 A 型流感病毒快速诊断<sup>[28]</sup>。同年,美国 IDEXX 公司也开发出了检测猪流感 H3N2 抗体和 H1N1 抗体的商品 ELISA 试剂盒,得到了广泛应用。但 Barbé F 等用该试剂盒检测欧洲 SIV 抗体时发现,该方法不能检出多数只被 H1N1 或 H3N2 感染的猪,对持续感染或者感染后再免疫疫苗猪的检出率较高,而田间猪可能被经常感染或接种多种亚型的疫苗,更易被检测为阳性。此外,该 ELISA 的敏感性低于 HI。因此, Barbé F 等认为 HI 可能仍是较好的选择<sup>[29]</sup>。李洪涛等研制了猪流感病毒抗 H1 亚型 HA 特异性单克隆抗体,为 H1 亚型猪流感病毒的诊断提供了条件<sup>[30]</sup>。PCR 技术也在猪流感的诊断上得到了应用,如定量 PCR、套式 PCR、多重 PCR 等。针对韩国存在 H1N1、H1N2 和 H3N2 亚型猪流感的情况, Lee 等利用 DPO 系统建立了一步检测猪流感病毒的多重 PCR 方法,该方法快速、特异,最低可以检测 1 TCID<sub>50</sub>/ml 的 SIV,成本也较低<sup>[31]</sup>。新技术也在 SI 诊断上得到了应用。2008 年, Reichmuth 等利用微流芯片和集成纳米多孔膜建立了一种检测灵敏、快速检测猪流感的方法,只需 6 min 即可完成,操作简单,可用于建立便捷、成本低的现场检测系统,实现猪群的大批量快速筛选<sup>[32]</sup>。

### 5 防治

目前尚无治疗 SI 的特效药物,关键是要加强饲养管理和预防,保持环境的清洁卫生,注意控制并发或继发感染。对发病的猪舍可用挥发性消毒剂如环氧乙酸进行消毒。治疗猪流感的药物主要是金刚烷类,应用时应注意药物的抗性。2006 年, Schmidtke 等分析 1981 年和 2001 年分离自德国的猪 A 型流感病毒的金刚烷胺抗性。12 株 SIV (H1N1、H1N2 和 H3N2) 中有 3 株对金刚烷胺敏感,所有其他抗性株的 M2 蛋白发生氨基酸突变,即 G16E、S31N 和 R77Q<sup>[33]</sup>。德国学者 Krumbholz 等对欧洲 A 型猪流感的 M2 序列进行了分析,认为 3 个流行株 (H1N1、H3N2 和 H1N2) 的 31 位 Ser 突变

为 Asp 导致了对金刚烷胺的抗性,且在发生突变后不久,金刚烷胺抗性毒株取代了敏感株。基于通过 M 片段交换传递金刚烷胺抗性以及对含有类禽 M 片段的重组 A/WSN/33 病毒的活力研究,他们认为应注意自然人重组株的出现<sup>[34]</sup>。据报道,最近流行的流感病毒 A/H1N1 对金刚烷胺有抗药性,其 M2 片段是否也发生了 31 位氨基酸的改变,尚待研究。猪作为人和禽 A 型流感病毒的中间宿主,可能参与了基因重组,再加上具有金刚烷胺抗性的自然 SIV 的高发生率,有必要监测其药物敏感性,为药物的有效应用提供依据<sup>[33]</sup>。

预防猪群发生 SI 的主要方法是给易感猪接种疫苗。但由于 SIV 的主要毒力基因 HA、NA 基因发生的抗原漂移、转变、频繁的病毒重组以及不同毒株之间较差的交叉保护性,常导致使用流行毒株制备的疫苗的保护性降低甚至完全失效,这也是流感难以预防的原因之一。Vincent 等研究表明,血清学上没有交叉反应的病毒制备的灭活苗不能提供对异源毒株的保护,还可能加重肺的损伤<sup>[35]</sup>。目前市场上使用的 SI 疫苗多为灭活苗,有单价苗和 H1N1 与 H3N2 双价苗,这类疫苗在欧美多个国家已实现商品化供应,如 End-FLUence (with Imugen)、End-FLUence 2 (with Microsol Diluvac Forte)、Maxi vac-FLU 等。近年也开展了对其他类型疫苗的研究工作。国内学者利用反向遗传学技术分别拯救出了 H3N2 亚型和 H1N1 亚型猪流感疫苗株,为快速研制针对流行株的疫苗提供了材料<sup>[36-38]</sup>。Du 等利用人、禽和猪的 A 型流感病毒研制了 3 株种间重组病毒,在此基础上制备了含有人流感病毒 H1、禽流感病毒 H9 和猪流感病毒 H3 的三价灭活重组苗。动物试验结果表明该疫苗安全有效,能同时提供对多种流感病毒的多重保护<sup>[39]</sup>。在 DNA 疫苗的研究方面,贾雷立等构建了猪流感复合多表位核酸疫苗<sup>[40]</sup>;李国新等的研究表明分子佐剂 C3d 显著提高了猪流感病毒 HA-DNA 疫苗免疫效果<sup>[41]</sup>。这些研究对这些新型疫苗的探索可能能为 SI 的防制提供新的途径。

## 6 猪流感的公共卫生意义

猪是人流感病毒、禽流感病毒和猪流感病毒的共同宿主,在流感病毒跨种传播的过程中,起到了“混合器”的作用。SIV 可引起人或禽的流感,在公共卫生上有重要意义。SI 能引起感染猪的生产性能下降甚至死亡,还能引起其他呼吸道疾病的继发或混合感染,严重影响猪群健康。通常情况下,人类很少感染猪流感病毒,可能通过接触受感染的生猪、被猪流感病毒感染的的环境,或感染猪流感病毒的人而感染,症状与普通人流感相似。目前尚未有人用猪流感疫苗,季节性流感疫苗的效果尚不确定。可用烷胺类(金刚烷胺和金刚乙胺)和流感病毒神经氨酸酶抑制剂(奥司他韦和扎那米韦)治疗。

20 世纪,人类经历的三次流感大流行均被认为可能和猪流感有关。1976 年发生在美国新泽西州的流感事件是人类历史上首次证实 SIV 可以由猪传染给人。此外,高致病性禽流感也可感染猪。李海燕等从我国猪群样品中首次分离到 H5N1 亚型流感病毒,部分序列分析发现 H5 亚型猪流感病毒与我国分离的禽流感病毒高度同源。由于目前这些禽源 H5N1 亚型 SIV 尚未在猪群中传播,且分离的毒株数量极少,

H5N1 能否通过猪体传染给人尚无明确的结论。国外已开展了这方面的研究。Manzoor 等发现 A/chicken/Yamaguchi/7/2004 (H5N1) PB1 蛋白 D256G 和 E627K 突变提高了该病毒在猪体内的复制能力<sup>[42]</sup>。美国学者 Lipatov 等研究表明,家猪对高致病性禽流感 H5N1 的敏感性较低<sup>[43]</sup>。考虑到猪在流感病毒传播过程中的特殊作用,有必要监测 SIV 在猪群中的感染情况,这不仅有助于猪群流感防制,也有助于保护人类健康。

## 参考文献

- [1] VAN REETH K, NICOLL A. A human case of swine influenza virus infection in Europe - implications for human health and research [J]. Euro Surveill, 2009, 14 (7): 19124.
- [2] ADIEGO SANCHO B, OMENACA TERES M, MARTINEZ CUENCA S, et al. Human case of swine influenza A (H1N1), Aragon, Spain, November 2008 [J]. Euro Surveill, 2009, 14 (7): 19120.
- [3] NEWMAN A P, REISDORF E, BEINEMANN J, et al. Human case of swine influenza A (H1N1) triple reassortant virus infection, Wisconsin [J]. Emerg Infect Dis, 2008, 14 (9): 1470 - 1472.
- [4] FOUCHIER R A, MUNSTER V, WALLENSTEIN A, et al. Characterization of a novel influenza A virus hemagglutinin subtype (H16) obtained from black-headed gulls [J]. J Virol, 2005, 79 (5): 2814 - 2822.
- [5] SRETA D, KEDKOVIT R, TUAMSANG S, et al. Pathogenesis of swine influenza virus (Thai isolates) in weanling pigs: an experimental trial [J]. Virol J, 2009, 6 (1): 34.
- [6] KARASIN A I, WEST K, CARMAN S, et al. Characterization of avian H3N3 and H1N1 influenza A viruses isolated from pigs in Canada [J]. J Clin Microbiol, 2004, 42 (9): 4349 - 4354.
- [7] MA W, GRAMER M, ROSSOW K, et al. Isolation and genetic characterization of new reassortant H3N1 swine influenza virus from pigs in the mid-western United States [J]. J Virol, 2006, 80 (10): 5092 - 5096.
- [8] MA W, VINCENT A L, GRAMER M R, et al. Identification of H2N3 influenza A viruses from swine in the United States [J]. Proc Natl Acad Sci USA, 2007, 104 (52): 20949 - 20954.
- [9] TSAI C P, PAN M J. New H1N2 and H3N1 influenza viruses in Taiwanese pig herds [J]. Vet Rec, 2003, 153 (13): 408.
- [10] YU X, TSIBANE T, MCGRAW P A, et al. Neutralizing antibodies derived from the B cells of 1918 influenza pandemic survivors [J]. Nature, 2008, 455 (7212): 532 - 536.
- [11] WEINGARTL H M, ALBRECHT R A, LAGER K M, et al. Experimental infection of pigs with the human 1918 pandemic influenza virus [J]. J Virol, 2009, 83 (9): 4287 - 4296.
- [12] SUN L, ZHANG G, SHU Y, et al. Genetic correlation between H3N2 human and swine influenza viruses [J]. J Clin Virol, 2009, 44 (2): 141 - 144.
- [13] YU H, ZHOU YJ, LI GX, et al. Further evidence for infection of pigs with human-like H1N1 influenza viruses in China [J]. Virus Res, 2009, 140 (1/2): 85 - 90.
- [14] DUNHAM E J, DUGAN V G, KASER E K, et al. Different evolutionary trajectories of European avian-like and classical swine H1N1 influenza A viruses [J]. J Virol, 2009, 83 (1): 5485 - 5494.
- [15] YU H, HUA R H, WEI T C, et al. Isolation and genetic characterization of avian origin H9N2 influenza viruses from pigs in China [J]. Vet Microbiol, 2008, 131 (1/2): 82 - 92.
- [16] SHI W F, GIBBS M J, ZHANG Y Z, et al. Genetic analysis of four porcine avian influenza viruses isolated from Shandong, China [J]. Arch Virol, 2008, 153: 211 - 217.
- [17] CONG Y L, PU J, LIU Q F, et al. Antigenic and genetic characterization of H9N2 swine influenza viruses in China [J]. J Gen Virol, 2007, 88: 2035 - 2041.
- [18] KARASIN A I, CARMAN S, OLSEN C W. Identification of human H1N2 and human-swine reassortant H1N2 and H1N1 influenza A viruses among pigs in Ontario, Canada (2003 to 2005) [J]. J Clin Microbiol, 2006, 44 (3): 1123 - 1126.
- [19] WEBBY R J, SWENSON S L, KRAUSS S L, et al. Evolution of swine H3N2 influenza viruses in the United States [J]. J Virol, 2000, 74 (18): 8243 - 8251.
- [20] CASTRUCCI M R, CAMPITELLI L, RUGGIERI A, et al. Antigenic and sequence analysis of H3 influenza virus haemagglutinins from pigs in Italy [J]. J Gen Virol, 1994, 75: 371 - 379.
- [21] ZELL R, MOTZKE S, KRUMBHOLZ A, et al. Novel reassortant of

swine influenza H1N2 virus in Germany [J]. J Gen Virol, 2008, 89: 271 - 276.

[22] PASCUA P N, SONG M S, LEE J H, et al. Seroprevalence and genetic evolutions of swine influenza viruses under vaccination pressure in Korean swine herds [J]. Virus Res, 2008, 138 (1/2): 43 - 49.

[23] QI X, LU C P. Genetic characterization of novel reassortant H1N2 influenza A viruses isolated from pigs in southeastern China [J]. Arch Virol, 2006, 151 (11): 2289 - 2299.

[24] MALDONADO J, VAN REETH K, RIERA P, et al. Evidence of the concurrent circulation of H1N2, H1N1 and H3N2 influenza A viruses in densely populated pig areas in Spain [J]. Vet J, 2006, 172 (2): 377 - 381.

[25] SHIEH H K, CHANG P C, CHEN T H, et al. Surveillance of avian and swine influenza in the swine population in Taiwan, 2004 [J]. J Microbiol Immunol Infect, 2008, 41 (3): 231 - 242.

[26] LEKCHAROENSUK P, LAGER K M, VEMULAPALLI R, et al. Novel swine influenza virus subtype H3N1, United States [J]. Emerg Infect Dis, 2006, 12 (5): 787 - 794.

[27] HERMANN J R, HOFF S J, YOON K J, et al. Optimization of a sampling system for recovery and detection of airborne porcine reproductive and respiratory syndrome virus and swine influenza virus [J]. Appl Environ Microbiol, 2006, 72 (7): 4811 - 4818.

[28] BAI G R, SAKODA Y, MWEENE A S, et al. Evaluation of the ESPLINE INFLUENZA A&B-N Kit for the diagnosis of avian and swine influenza [J]. Microbiol Immunol, 2005, 49 (12): 1063 - 1067.

[29] BARBÉ F, LABARQUE G, PENSAERT M, et al. Performance of a commercial Swine influenza virus H1N1 and H3N2 antibody enzyme-linked immunosorbent assay in pigs experimentally infected with European influenza viruses [J]. J Vet Diagn Invest, 2009, 21 (1): 88 - 96.

[30] 李洪涛, 刘明, 刘春国, 等. 猪流感病毒 H1 亚型 HA 蛋白特异性单克隆抗体的研制 [J]. 细胞与分子免疫学杂志, 2009, 25 (3): 233 - 235.

[31] LEE C S, KANG B K, LEE D H, et al. One-step multiplex RT-PCR for detection and subtyping of swine influenza H1, H3, N1, N2 viruses in clinical samples using a dual priming oligonucleotide (DPO) system [J]. J Virol Methods, 2008, 151 (1): 30 - 34.

[32] REICHMUTH D S, WANG S K, BARRETT L M, et al. Rapid micro-

chip-based electrophoretic immunoassays for the detection of swine influenza virus [J]. Lab Chip, 2008, 8 (8): 1319 - 1324.

[33] SCHMIDTKE M, ZELL R, BAUER K, et al. Amantadine resistance among porcine H1N1, H1N2, and H3N2 influenza A viruses isolated in Germany between 1981 and 2001 [J]. Intervirology, 2006, 49 (5): 286 - 293.

[34] KRUMBHOLZ A, SCHMIDTKE M, BERGMANN S, et al. High prevalence of amantadine resistance among circulating European porcine influenza A viruses [J]. J Gen Virol, 2009, 90: 900 - 908.

[35] VINCENT A L, LAGER K M, JANKE B H, et al. Failure of protection and enhanced pneumonia with a US H1N2 swine influenza virus in pigs vaccinated with an inactivated classical swine H1N1 vaccine [J]. Vet Microbiol, 2008, 126 (4): 310 - 323.

[36] 杨涛, 刘明, 刘春国, 等. 重组细胞高产型 H3N2 猪流感病毒株的拯救 [J]. 病毒学报, 2007, 23 (6): 471 - 476.

[37] 元文宝, 李小康, 和君, 等. 用反向遗传操作技术产生具有鸡胚高度适应性的 H1N1 亚型重组猪流感病毒 [C]. 中国畜牧兽医学动物传染病学会分会第三届猪病防控学术研讨会论文集, 2008 年.

[38] 彭亚平, 周红波, 李春, 等. H1N1 亚型猪流感病毒的拯救 [J]. 生物工程学报, 2008, 24 (5): 857 - 861.

[39] DU N, LI W, LI Y, et al. Generation and evaluation of the trivalent inactivated reassortant vaccine using human, avian, and swine influenza A viruses [J]. Vaccine, 2008, 26 (23): 2912 - 2918.

[40] 贾雷立, 金宁一, 金扩世, 等. 猪流感复合多表位核酸疫苗的构建及其表达研究 [J]. 中国生物制品学杂志, 2006 (4): 333 - 335.

[41] LI G X, TIAN Z J, YU H, et al. Fusion of C3d with hemagglutinin enhances protective immunity against swine influenza virus [J]. Res Vet Sci, 2009, 86 (3): 406 - 413.

[42] MANZOOR R, SAKODA Y, NOMURA N, et al. PB2 protein of a highly pathogenic avian influenza virus strain A/chicken/Yamaguchi/7/2004 (H5N1) determines its replication potential in pigs [J]. J Virol, 2009, 83 (4): 1572 - 1578.

[43] LIPATOV A S, KWON Y K, SARMENTO L V, et al. Domestic pigs have low susceptibility to H5N1 highly pathogenic avian influenza viruses [J]. PLoS Pathog, 2008, 4 (7): e1000102.

(上接第 7424 页)

活力与胚根生长成正相关<sup>[5]</sup>,随着盐胁迫浓度的升高,胚根生长受到的抑制程度增强,种子活力指数下降。盐浓度为 12 g/L 时,NaCl 和 NaCl + KCl 处理紫羊茅种子的活力指数分别降至 0.000 8 和 0.010 1。

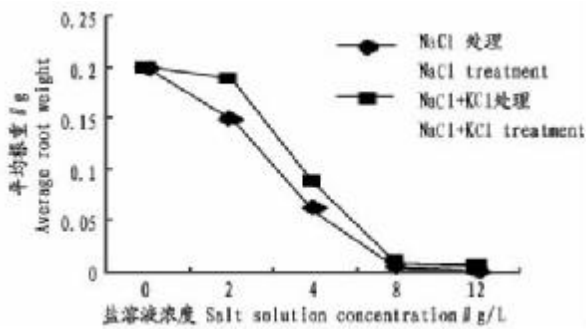


图 6 不同浓度盐胁迫对紫羊茅种子根重的影响

Fig.6 Effects of salt stress with different concentration on the root weight of *Festuca arundinacea* Schreb seeds

盐胁迫浓度为 2 ~ 8 g/L 时, NaCl 处理的紫羊茅种子活力指数低于 NaCl + KCl 处理,说明 K<sup>+</sup> 可在一定程度上缓解 Na<sup>+</sup> 对紫羊茅的危害。

### 3 结论与讨论

该试验结果表明,随盐处理浓度的增大,紫羊茅种子的发芽率、发芽势、发芽指数、活力指数均逐渐降低。NaCl +

KCl 复合盐处理下,由于 K<sup>+</sup> 在一定程度上缓解了 Na<sup>+</sup> 的危害,紫羊茅种子的发芽率和发芽整齐度高于 NaCl 单盐处理。河南省位于华北地区,濒临黄河,盐碱地面积较大,了解紫羊茅的耐盐性对利用该植物改良盐碱地具有指导意义。

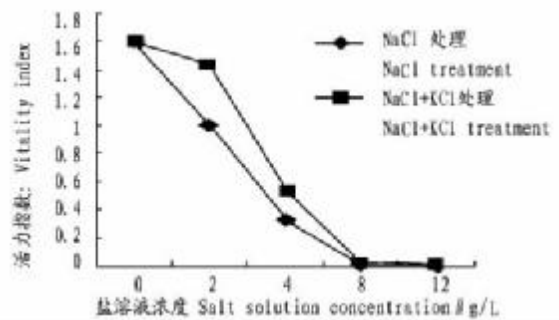


图 7 不同浓度盐胁迫对紫羊茅种子活力指数的影响

Fig.7 Effects of salt stress with different concentration on the vitality index of *Festuca arundinacea* Schreb

### 参考文献

[1] 林业大学花卉教研室. 花卉学 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1990.

[2] 李彬, 王志春, 孙志高, 等. 中国盐碱地资源与可持续利用研究 [J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23 (2): 154 - 158.

[3] 张建锋, 刘小京, 刘孟雨, 等. 中国盐碱地造林绿化的理论与实践 [M] // 盐生植利用与区域农业可持续发展. 北京: 气象出版社, 2002.

[4] 国际种子检验协会 (ISTA). 国际种子检验规程 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1999.

[5] 徐本美. 测定种子活力方法之探讨 (2) 发芽的生理测定法 [J]. 种子, 1982 (3): 34 - 38.