

鸡蛋源纳米硫化亚铁的合成及其对尖孢镰刀菌引起的囊肿的治疗作用

冷长友¹, 陈乐², 吴浩东², 孙浩², 曹礼静¹, 舒丽¹, 王庆华²

(1. 重庆市荣昌区职业教育中心, 重庆 402460; 2. 西南大学动物医学院, 重庆 402460)

摘要 在对1例犬右肺囊肿伴肝淤血和胃肠胀气诊治的基础上, 分离鉴定出1株尖孢镰刀菌(*Fusarium oxysporum*), 同时合成和探究鸡蛋源纳米硫化亚铁对尖孢镰刀菌引起的犬囊肿的治疗效果。通过病原学诊断、病史调查、临床表现、血液学生理生化指标检查、X线检查等方法诊断该病为尖孢镰刀菌引起的多器官囊肿。通过正交试验合成了抗真菌的鸡蛋源纳米硫化亚铁, 并将其应用于抑制尖孢镰刀菌生长。结果表明: 根据诊断结果采用对症治疗(鸡蛋源纳米硫化亚铁抗尖孢镰刀菌)和对症治疗(高压氧舱吸氧、肝肺和胃肠穿刺), 达到了抗尖孢镰刀菌引起的囊肿的治疗效果。

关键词 鸡蛋源纳米硫化亚铁; 囊肿; 尖孢镰刀菌

中图分类号 S859.79 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2024)23-0075-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2024.23.017

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Synthesis of Egg White-derived Nano-ferrous Sulfide and Its Therapeutic Effect on Cysts Caused by *Fusarium oxysporum*

LENG Chang-you¹, CHEN Le², WU Hao-dong² et al (1. Chongqing Rongchang District Vocational Education Center, Chongqing 402460; 2. Animal Medical College of Southwest University, Chongqing 402460)

Abstract Based on the diagnosis and treatment of a canine right lung cyst with liver congestion and gastrointestinal gas, a strain of *Fusarium oxysporum* was isolated and identified. At the same time, the therapeutic effect of egg white-derived nano-iron sulfide on canine cysts caused by *Fusarium oxysporum* was synthesized and explored. The disease was diagnosed as multiple organ cysts caused by *Fusarium oxysporum* by etiological diagnosis, medical history investigation, clinical manifestations, hematological physiological and biochemical index examination, X-ray examination and other methods. Antifungal egg white-derived nano-iron sulfide was synthesized by orthogonal test and applied to inhibit the growth of *Fusarium oxysporum*. The results showed that according to the diagnosis results, the therapeutic effect of anti-*F. oxysporum* cysts was achieved by treatment (egg white source nano-ferrous sulfide anti-*F. oxysporum*) and symptomatic treatment (hyperbaric oxygen chamber oxygen inhalation, liver and lung and gastrointestinal puncture).

Key words Nano-iron sulfide from egg; Cyst; *Fusarium oxysporum*

尖孢镰刀菌是常见的腐生霉菌^[1], 特别是在炎热的夏季, 尖孢镰刀菌易大量滋生, 动物吸入了空气中的尖孢镰刀菌孢子出现呼吸道感染^[2]。尖孢镰刀菌会导致食物迅速腐败、发酵。动物采食了被污染的食物或者霉烂变质食物引起胃肠道异常发酵, 产生大量气体而不能及时排出, 而在腹部大量集聚, 动物出现食欲下降、腹部胀大、腹部皮肤绷紧如鼓的症状^[3], 并压迫附近的肝脏等器官导致淤血, 治疗不及时容易出现死亡等预后不良的表现。

环境中的病原微生物(如尖孢镰刀菌等)易导致肺炎, 而且肺炎是临床上动物常见的多发病、常见病, 肺炎的临床表现主要有湿性或者干性咳嗽、流浓鼻涕、呼吸困难和肺气肿等症状^[4]。肺炎如果没有得到及时治疗, 会继发其他病症(如缺氧、胃扩张、肺泡及肺间质气肿, 对机体导致严重损伤^[5]等)而造成病情加重^[6], 该病往往发病急, 如不及时救治会导致动物死亡。因此在对症治疗时, 往往要求迅速、准确地诊断出危害动物健康的因素, 采取穿刺放气、吸氧等方法抢救动物生命, 降低气体、血液等不利因素对心、肺、肝等重要器官的损伤。

该病的病原菌为侵袭性尖孢镰刀菌, 采用常用抗生素(如酮康唑、伊曲康唑等)方法防治真菌感染。但目前大多数

有效的抗侵袭性尖孢镰刀菌的药物只能在人医上使用, 而且国家批准的动物用抗真菌药物很少。因此, 开发新的动物用抗真菌剂是十分必要的。疾病的治疗原则包括对因治疗和对症治疗。随着机械工业化的发展, 大量蛋类产品被生产出来供给人类的各种需要, 但在生产、运输过程中鸡蛋容易受损, 出现残次鸡蛋。鸡蛋是一种极好的天然蛋白质来源, 也是一种被忽视的天然生物材料。此外, 纳米硫化物还具有低细胞毒性和生物相容性等显著优势, 将有机硫化物转化为纳米级无机硫化物可以通过热溶剂法实现。有研究表明, 纳米级金属硫化物表现出很高的抗菌活性^[7-8]。

笔者对炎热夏季尖孢镰刀菌大量繁殖导致的动物右肺囊肿伴肝淤血和胃肠胀气的疾病模型进行诊治, 并通过形态学和分子生物学方法鉴定和鉴别了侵袭性致病真菌为尖孢镰刀菌。同时, 通过正交试验优化了合成方法, 合成了一种新型抗真菌剂(鸡蛋源纳米硫化亚铁)。在体外抗真菌试验中, 确定了鸡蛋源纳米硫化亚铁抑制侵袭性尖孢镰刀菌的抑菌作用。通过动物回归试验, 验证了鸡蛋源纳米硫化亚铁对镰刀霉菌引起的肺囊肿的治疗作用, 发现使用残次等级的鸡蛋可以生产出高价值的抗真菌药物鸡蛋源纳米硫化亚铁, 这为工业化次等级蛋产品的利用拓展了一条新的途径, 为开发动物用新型纳米抗真菌剂提供了科学依据, 也希望能对临床上该类真菌疾病的诊断和治疗提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验菌株的来源 4月龄大的拉布拉多犬和主人居住在低楼层, 经常吃剩菜。疾病刚开始时病犬经常咳嗽流鼻

基金项目 重庆市教委重大基金资助项目(KJZD-M202200202); 中国农村专业技术协会重庆荣昌肉兔科技小院项目。

作者简介 冷长友(1972—), 男, 重庆人, 高级讲师, 从事临床兽医学研究。

收稿日期 2024-01-03

涕,打鼾不严重,鼻塞,偶尔会呕吐。考虑到该犬在发病初期和晚期都不想进食,且该犬的精神状态较正常,该犬主人予以阿莫西林进行治疗。饲喂阿莫西林后病情无好转。7 d 后病犬出现心脏突然跳动,呼吸系统纤维支气管镜有明显湿啰音(气泡破裂),全身不适,食欲不振等临床症状,就诊检查发现,犬体温 39.8 ℃,心跳 89 次/min,最大摄氧量 96 次/min。该犬的皮肤和黏膜颜色较浅。尿液颜色正常。因此,送医并采集胃内容物培养,并进行形态学和分子生物学鉴定。

1.2 鸡蛋源纳米硫化亚铁的合成 通过正交试验筛选鸡蛋源纳米硫化亚铁的最佳合成方法,正交试验采用 3 因素 3 水平方法(表 1)。通过热溶剂法合成鸡蛋源纳米硫化亚铁,取乙酸钠、无机硫(硫酸亚铁)后,按表 1 设计正交试验。反应结束后,12 000 r/min,离心 5 min 后取上清。

表 1 正交试验方法优化的鸡蛋源纳米硫化亚铁合成方案
Table 1 Optimized synthesis scheme of nano-iron sulfide from egg source by orthogonal experiment

水平 Level	因素 Factor		
	鸡蛋质量 Egg quality//g	反应温度 Reaction temperature//℃	反应时间 Reaction time//h
1	0.5	60	12
2	2.5	80	24
3	5.0	100	48

1.3 主要试剂 DNA 基因组提取试剂盒、DNase I、qPCR 试剂盒、Trizol 试剂盒购于 TaKaRa 公司;引物、2×*Taq* PCR Master Mix 和 DL 2 000 DNA Marker 购于北京擎科生物科技有限公司;反转录试剂盒购于北京天根生化科技有限公司;噻唑蓝购于 Sigma 公司。

1.4 主要仪器 微量核酸检测仪(NanoDrop 2 000);荧光倒置显微镜(Leica);荧光定量 PCR 仪(QuantStudio6);酶标仪(Thermo)。

2 结果与分析

2.1 病原学检查

2.1.1 病原菌的形态学鉴定。将胃内容物接种到沙氏培养基中,25 ℃ 恒温培养 7 d。菌丝长出后,将菌丝体接种到新的沙氏培养基上,直至培养基上长出纯培养物。能够观察到培养基正面的菌落呈粉红色或红色,培养基背面皱纹发黄,菌落边缘呈圆形,菌丝呈絮状密集生长。显微镜下可见带侧枝的气生菌丝;形成的分生孢子呈镰刀状,末端尖细,略弯曲,分生孢子大小为(10~16) μm×(4~2) μm。培养后期出现厚垣孢子,菌丝部位膨起,光学显微镜下发现带侧枝的气生菌丝,分生孢子呈镰刀状,如图 1 所示。根据该病原菌的形态特征,可初步判断为尖孢镰刀菌。

2.1.2 致病菌确定。用真菌 DNA 提取试剂盒提取 DNA 后,使用 ITS1 和 ITS4 引物进行扩增,引物序列为(5'-TCCG-TAGGTGAACCTGCGG-3')和 ITS4(5'-TCCTCCGCTTATTGA TATGC-3')。配制 25 μL 的 PCR 反应体系:1.0 μL DNA 模板;上、下游引物各 1.0 μL;12.5 μL 2×PCR mix;9.5 μL ddH₂O。扩增程序:预变性,94 ℃ 反应 5 min;变性,94 ℃ 反应



图 1 病原菌的形态学鉴定

Fig. 1 Morphological identification of pathogenic bacteria

30 s;退火,55 ℃ 反应 30 s;延伸,72 ℃ 反应 1 min,共 30 个循环;最后 72 ℃ 延伸 10 min,4 ℃ 保存产物。选择 2% 琼脂糖凝胶进行电泳,得到长度约 560 bp 的片段,如图 2 所示。将所得数据在 NCBI 库进行 BLAST 比对,发现该菌与尖孢镰刀菌 ITS 序列的同源性达到 99%~100%。

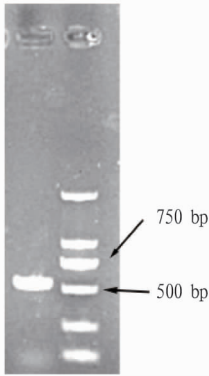


图 2 PCR 扩增结果

Fig. 2 PCR amplification results

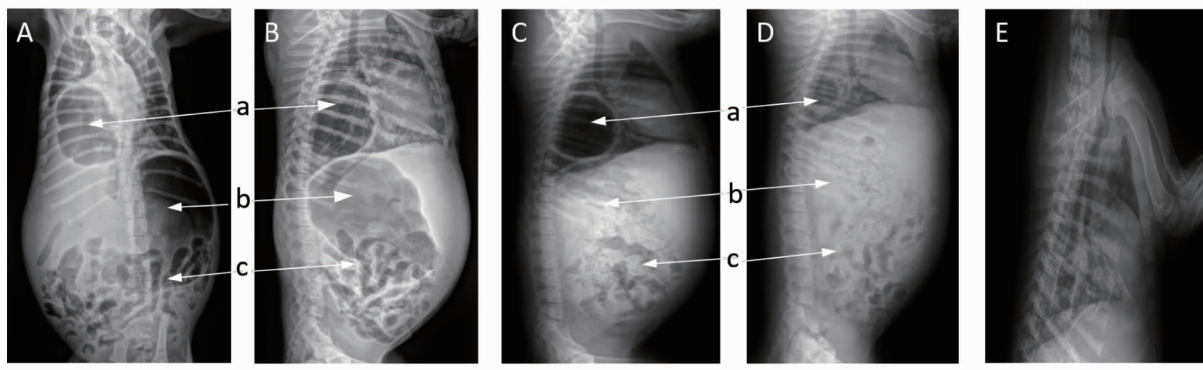
2.2 侵袭性尖孢镰刀菌对血液生理指标的影响 血常规检查见白细胞数总数为 31.8×10⁹ 个/L(正常参考范围 6.0~17.0×10⁹ 个/L),淋巴细胞数为 7.4×10⁹ 个/L(正常参考范围 0.8×10⁹~5.1×10⁹ 个/L),单核细胞数为 1.9×10⁹ 个/L(正常参考范围 0~1.8×10⁹/L),红细胞数为 3.77×10¹² 个/L(正常参考范围 5.50~8.50×10⁹ 个/L),血红蛋白浓度为 83 g/L(正常参考范围 110~190 g/L),红细胞压积为 25.5%(正常参考范围 39.0%~56.0%),其他未见异常,提示机体存在严重感染与严重贫血现象。

2.3 侵袭性尖孢镰刀菌对血液生化指标的影响 血液中 C-反应蛋白浓度为 58.8 μg/L(正常参考范围 0~10 μg/L),提示机体存在严重炎症反应;丙氨酸氨基转移酶浓度为 97 U/L(正常参考范围 17~78 U/L),提示肝脏损伤,肝细胞中有肝脏酶露出现象。

2.4 气性囊肿对内脏器官(胃、肠、肝、肺)形态的影响 治疗前,X 射线检查见胸腔内右背侧中后缘处有一规则的圆形低密度阴影,形成占位性的含气结构影像(图 3A、图 3B 的 a 箭头部位),穿刺和抗菌治疗 7 d 胸腔右背侧的圆形低密度阴影体积缩小(图 3C 的 a 箭头部位),在治疗第 14 天(图 3D

的 a 箭头部位)时胸腔右背侧的圆形低密度阴影体积进一步缩小,直至第 21 天检查时痊愈(图 3E)。治疗前,肝脏体积增大,在腹腔右侧形成椭圆形低密度阴影(图 3A、图 3B 的 b 处箭头部位),穿刺和抗菌治疗 7 d 明显缩小(图 3C 的 b 箭

头处),进而在治疗的第 14 天痊愈(图 3D 的 b 箭头处)。治疗前,胃及肠道内充满大量气体(图 3A、图 3B 的 c 箭头部位),在腹腔形成胃肠扩张的影像,治疗 7 d 后胃肠体积缩小(图 3C 和图 3D 的 c 箭头部位)。



注: A. 治疗前腹卧位 X 线照片; B. 治疗前左卧位 X 线照片; C. 治疗 7 d 左卧位 X 线照片; D. 治疗 14 d 左卧位 X 线照片; E. 痊愈后左卧位 X 线照片。a 为肺气性囊肿部位; b 为肝脏淤血部位; c 为胃肠胀气部位。
Note: A. Abdominal lying X-ray before treatment; B. Left lateral X-ray before treatment; C. Left lateral X-ray after 7 days of treatment; D. Left lateral X-ray after 14 days of treatment; E. Left lateral X-ray after recovery. a is the location of pulmonary air cyst; b is the site of liver congestion; c is the site of gastrointestinal distension.

图 3 不同治疗时期 X 线检查结果

Fig. 3 X-ray examination results at different treatment stages

综上,根据动物临床表现、病原学的形态学和分子生物学诊断、血液生理指标、血液生化指标和 X 线检查等结果进行综合分析,最终诊断该病为尖孢镰刀菌引起的右肺囊肿伴肝脏淤血和胃肠胀气。

2.5 肺脏和胃肠紧急穿刺放气治疗 穿刺之前 X 光发现动物呼吸困难,肺脏有气肿(图 4 中 a 箭头)、肝脏淤血(图 4 中 b 箭头)和胃肠胀气(图 4 中 c 箭头),遂对右肺气性囊肿和胃肠胀气分别进行细针穿刺抽吸气体,发现右肺穿刺手术结束后动物呼吸窘迫现象得到明显缓解,肺脏的气肿泡明显缩小(图 4B 的 a 箭头)。呼吸次数从 99 次/min 恢复到 63 次/min,接近正常呼吸频率范围。胃穿刺放气手术结束后腹围扩大现象降低,胃肠扩张程度明显降低(图 4C),右肺的圆形低密度阴影范围明显降低,肝脏的淤血症状得到了缓解(图 4A 和 4B 的 b 箭头)。

2.6 采用吸氧方法缓解气体囊肿压迫淤血导致的缺氧 穿刺治疗后将动物每天放进高压氧舱 2 h,其中吸氧时间为 1 h,使动物处于高浓度(80%)的氧气环境,以提高动物的血氧含量直到呼吸异常症状恢复,吸氧治疗 7 d 后动物动脉血氧饱和度(SaO_2)恢复正常,动物的动脉血氧饱和度平均达到 94%。

2.7 鸡蛋源纳米硫化亚铁的合成和对侵袭性尖孢镰刀菌 IC_{50} 的测定 通过正交试验筛选鸡蛋源纳米硫化亚铁的最佳合成方法。通过热溶剂法合成鸡蛋源纳米硫化亚铁,取乙酸钠、无机硫(硫酸亚铁)后,按表 1 所示正交试验设计进行不同反应条件下的合成。反应结束后,12 000 r/min 离心 5 min 后取上清,用噻唑蓝染色法测定尖孢镰刀菌在鸡蛋源纳米硫化亚铁处理 4 h 后的死亡率,以筛选合成鸡蛋源纳米

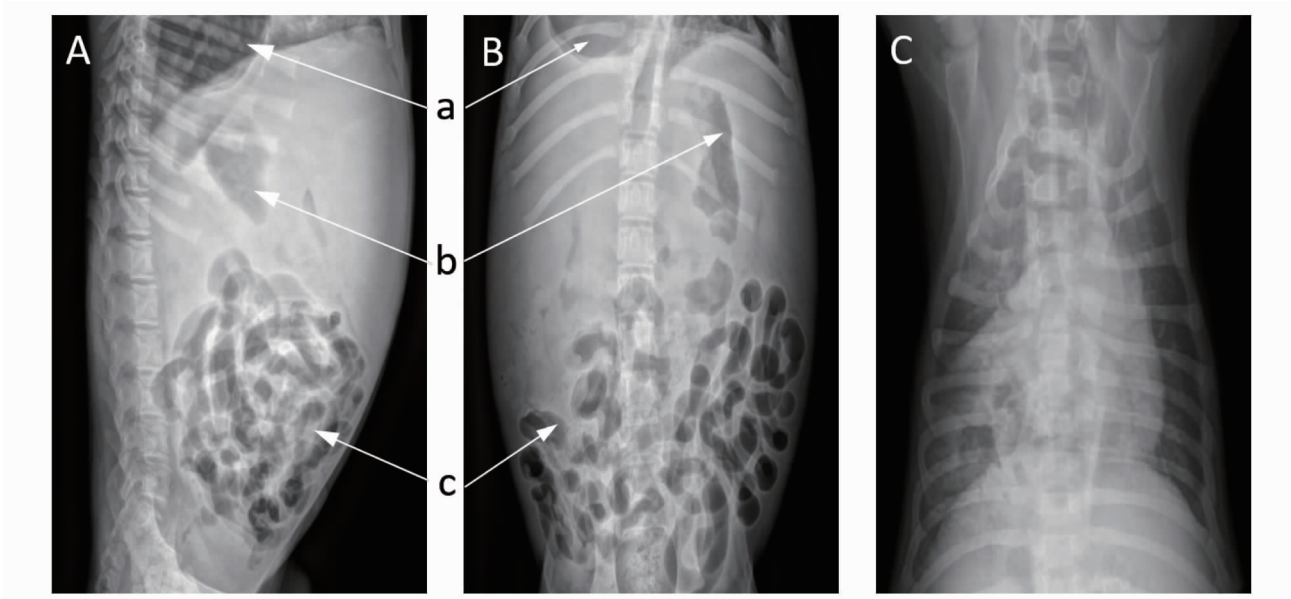
硫化亚铁的最佳条件。即在噻唑蓝染色后,使用酶标仪读取 $\text{OD}_{570 \text{ nm}}$,以 DMSO 作为对照,绘制拟合曲线并计算 IC_{50} 。

正交试验结果显示,使用以下配方(硫酸亚铁、乙酸钠、鸡蛋 2.5 g 加蒸馏水定容至 20 mL)在 100 °C 反应釜中反应 48 h 合成的鸡蛋源纳米硫化亚铁表现出最好的抑菌效果。尖孢镰刀菌在被鸡蛋源纳米硫化亚铁处理 4 h 后,使用噻唑蓝染色后发现,鸡蛋源纳米硫化亚铁质量浓度越高,尖孢镰刀菌的死亡率越高。尖孢镰刀菌死亡率和鸡蛋源纳米硫化亚铁浓度的相关性拟合曲线如图 5 所示,其对数函数为 $Y = 13.643 + 18.138 \ln X$ ($R^2 = 0.9854$), IC_{50} 为 0.886 g/L(95%置信区间 0.847 8~0.924 4 g/L)。

2.8 鸡蛋源纳米硫化亚铁对侵袭性尖孢镰刀菌的抑制作用 针对侵袭性真菌尖孢镰刀菌,使用上述自主合成的新型抗真菌药物鸡蛋源纳米硫化亚铁进行治疗。使用 0.886 g/L 口服 20 mL,每日 1 次,口服治疗后第 7 天动物精神状态、食欲、呼吸等外观体征基本恢复正常;再次进行 X 线检查,见右肺气性囊肿体积明显缩小,胃与肠道位置恢复正常(图 4C),肺脏体积明显变小(图 3E)。另外,采集胃内容物进行培养后,采用形态学和分子生物学方法鉴定,均证明尖孢镰刀菌阴性。

3 结论与讨论

在疾病治疗时,紧急症状容易危及动物生命,因此在治疗时需要针对紧急症状进行紧急治疗。由于发生了肺气性囊肿、胃扩张及其导致的急性肝淤血 3 种紧急病症,易因呼吸困难和缺氧而致动物死亡,因此首先需要对动物的胃及肺囊肿进行细针穿刺抽吸手术,穿刺抽吸手术极大地缓解了缺氧的症状,为后续的诊断和治疗争取了宝贵的时间。但是



注:A. 穿刺治疗前的左卧位 X 线照片;B. 穿刺治疗后的腹卧位 X 线照片;C. 痊愈后的腹卧位 X 线照片。a 为肺气性囊肿部位;b 为肝脏淤血部位;c 为胃肠胀气部位。

Note:A. Left lateral X-ray before puncture treatment;B. Abdominal lying X-ray after puncture treatment;C. Abdominal lying X-ray after recovery. a is the location of pulmonary air cyst;b is the site of liver congestion;c is the site of gastrointestinal distension.

图 4 穿刺治疗后的 X 线检查结果

Fig. 4 X-ray examination results after puncture treatment

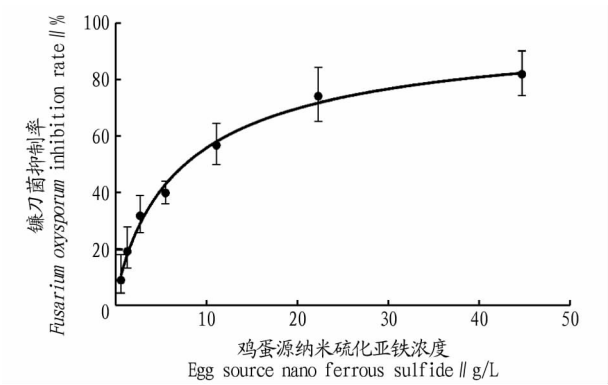


图 5 噻唑蓝染色法测定尖孢镰刀菌和鸡蛋源纳米硫化亚铁质量浓度的相关性

Fig. 5 Correlation between the determination of mass concentration of *Fusarium oxysporum* and egg derived nano ferrous sulfide by thiazole blue staining method

在穿刺抽吸手术时,应根据动物的大小掌握穿刺的位置以及进针的角度与深度,另外穿刺较小的动物时要选择较细的穿刺针,尽量减少对肺组织和胃肠组织的过度损伤。在肺部穿刺时,确认穿刺针进入肺部而不是胸腔,防止气体进入胸腔而失去负压造成医源性气胸^[9]。

气性囊肿(又称肺叶气性囊肿)的特征为肺叶上出现圆形低密度阴影,是由于肺炎或吼叫等不良因素引起临近肺泡及肺间质破损后形成的气性囊肿结构^[10]。X 线检查对肺气性囊肿的诊断比较确切,在 X 线片中病变区域一般呈规则的低密度阴影影像,X 线机设备价格不高,普通的动物医院均可配备,因此临床中对肺叶气性囊肿的诊断可以借助 X 线机检查来实现。

吸氧不仅可以改善机体内组织的血氧含量,对于有肺泡及肺间质结构损伤的肺部疾病,吸氧还可以减少肺能量的消化,进而促进肺组织的结构修复^[11]。在肺叶气性囊肿穿刺前动物表现呼吸急促,穿刺后将其放入氧舱装置内进行吸氧治疗,治疗 2 d 后对其进行 X 线检查,发现肺叶气性囊肿大小恢复到与穿刺前一样,且动物并未再表现出呼吸急促的症状,该现象表明,肺叶气性囊肿能否引起呼吸异常主要取决于机体内组织的血氧含量。

急性肝淤血(又称为被动性肝充血)时,X 线检查显示肝脏明显增大,这可能是由于胸腔和腹腔内气体蓄积过多导致肝静脉血管狭窄,肝脏中的血液回流不畅^[12],以致肝小叶内中央静脉和肝血窦被动性充血,从而出现动物肝淤血,表现为动物肝脏体积增大,肝静脉内压力过度升高而疼痛的症状。因此,对于急性肝淤血的紧急症状,随着细针穿刺抽吸手术的实施,肝血管的通畅性得以改善,血液循环障碍消失,肝脏体积逐渐恢复正常。

该研究提供了一种动物用的抗真菌剂,硫酸亚铁、乙酸钠、鸡蛋 2.5 g 加蒸馏水定容至 20 mL 在 100 ℃ 反应釜中反应 48 h 合成的鸡蛋源纳米硫化亚铁表现出最好的抗尖孢镰刀菌效果。尖孢镰刀菌是广泛存在于温暖潮湿地区的腐生型致病真菌,伴随黄曲霉菌及其他致病菌导致多种动物发病。动物通过吸入空气中的霉菌孢子出现呼吸道感染,或者动物采食了被尖孢镰刀菌污染的食物引起动物胃肠道异常发酵出现胃肠胀气的现象,而使用该抗菌剂联合对症治疗可以有效治疗侵袭性真菌引起的气性囊肿。

(下转第 150 页)

(CK)提高了 22.85%,可见,适当的缓释肥可显著提高氮肥贡献率和氮肥农学效率。

表 2 不同施肥处理的小麦产量及产量构成
Table 2 Yield and yield components of wheat under different treatments

处理 Treatment	穗长 Ear length cm	穗宽 Ear width cm	收获株数 Harvest number of plants 株/m ²	穗粒数 Harvest number of plants 个	千粒重 1 000- grain weight/g	小区产量 (15 m ²) Community output/kg	折合产量 Equivalent production kg/hm ²	较 CK 增产 Increase production compared to CK/kg/hm ²	增产率 Yield increase rate/%
缺氮空白(B)Nitrogen deficiency blank	8.2	1.1	511	32	36.3	7.87	5 246.7	-406.6	-7.19
缓释肥(1)(S1)Slow release fertilizer	8.8	1.2	552	39	38.8	8.63	5 753.3	100.0	1.77
缓释肥(2)(S2)Slow release fertilizer	8.7	1.2	526	36	37.1	8.18	5 453.3	-200.0	-3.54
常规施肥(CK)Conventional fertilization	8.6	1.2	546	38	37.6	8.48	5 653.3	—	—

表 3 不同施肥处理对肥料利用率的影响
Table 3 Effect of different treatments on fertilizer utilization rate

处理 Treatment	氮肥农学效率 Agricultural efficiency of nitrogen fertilizer/kg/kg	氮肥贡献率 Nitrogen fertilizer contribution rate/%	氮肥农学效率较 CK 提高 Improvement of agronomic efficiency of nitrogen fertilizer compared to CK/%	氮肥贡献率较 CK 提高 Improvement of nitrogen fertilizer contribution rate compared to CK/%
缓释肥(1)(S1)Slow release fertilizer	5.48	8.71	25.11	22.85
缓释肥(2)(S2)Slow release fertilizer	2.19	3.69	-50.00	-47.95
常规施肥(CK)Conventional fertilization	4.38	7.09	0	0

3 结论与讨论

该研究通过探究不同施肥处理对旱作小麦生长和氮肥利用率的影响,结果发现,氮肥缺乏对小麦地上干生物量影响最大,较常规施肥降低了 4.9%,这与常凤等^[7]对冬小麦施氮会显著增加干物质积累量的研究结果相似,不同缓释肥对小麦地上干生物量增产作用不同,与常规对照相比,含有腐殖质的缓释肥(1)对地上干生物量的影响最大,增加了 4.93%,化学肥料配制的缓释肥(2)对地上干生物量的影响次之,增加了 0.98%,二者相差近 5 倍,周星等^[8]研究发现,大部分缓释肥处理的小麦干生物量高于常规对照。不同施肥处理对地上植株含水率影响不同,缓释肥处理的小麦植株含水率较低,减少了近 10%,植株较干燥,缺氮处理植株含水率较大,不利于保存。该研究中,施用含腐殖质的缓释肥(1)田间长势旺盛,叶色深绿,后期长势优于其他处理,对小麦产量起到了增产作用,增产了 1.78%,原因是含腐殖质的缓释肥(1)显著提高小麦氮肥贡献率和氮肥农学效率,分别为 8.71%和 5.48 kg/kg。这与张奇茹等^[9]、刘芬等^[10]的研究结果相似,有机肥、生物有机肥对小麦的增产、增收以及肥料贡献率效果更好。该研究还发现,与对地上生物量影响不同的

是,缓释肥(2)对小麦产量起到了副作用,原因可能是小麦株数减少导致,这与朱志锋等^[11]发现不同类型缓释肥对小麦产量的影响不同的研究结果相似。

参考文献

[1] 张明伟,马泉,陈京都,等. 缓控释肥在冬小麦上的应用研究进展及展望[J]. 江苏农业科学,2022,50(2):15-21.
[2] 苏舜. 不同施肥方式对小麦产量及肥料利用率的影响[J]. 现代农业科技,2022(1):12-14.
[3] 卢梅军,朱秀英. 小麦田缓释肥施用效果研究[J]. 现代农业科技,2014(4):212-213.
[4] 袁月星,仇美华,薛莉. 缓释肥对江阴市小麦产量、效益和肥料农学利用率的影响[J]. 上海农业科技,2020(6):108-110.
[5] 白珊珊,万书勤,康跃虎,等. 不同控失肥对冬小麦产量和肥料农学效率的影响[J]. 华北农学报,2017,32(1):149-155.
[6] 谢培才,马冬梅,张兴德,等. 包膜缓释肥的养分释放及其增产效应[J]. 土壤肥料,2005(1):23-28.
[7] 常凤,王海标,陶静静,等. 减氮配施控释尿素对冬小麦产量及氮肥效率的影响[J]. 中国农学通报,2018,34(25):1-6.
[8] 周星,陈洁,陈许兵,等. 缓释肥在扬麦 23 小麦上的应用[J]. 浙江农业科学,2022,63(6):1188-1191.
[9] 张奇茹,谢英荷,李廷亮,等. 有机肥替代化肥对旱地小麦产量和养分利用率的影响及其经济环境效应[J]. 中国农业科学,2020,53(23):4866-4878.
[10] 刘芬,同延安,王小英,等. 渭北旱塬小麦施肥效果及肥料利用效率研究[J]. 植物营养与肥料学报,2013,19(3):552-558.
[11] 朱志锋,李同花,焦卫平,等. 不同类型缓释肥对小麦产量的影响[J]. 磷肥与复肥,2019,34(11):49-51.

(上接第 78 页)

参考文献

[1] 谢安娜,徐浩飞,张志林,等. 致病镰刀菌的研究进展[J]. 湖北工程学院学报,2020,40(6):37-41.
[2] 李力. 春夏之交严防犬饲料霉变[J]. 中国工作犬业,2005(3):30.
[3] 王林安,侯振中. 犬胃扩张与扭转[J]. 黑龙江畜牧兽医,2002(11):29-30.
[4] 孙春杰. 幼犬肺炎的诊断及治疗[J]. 养殖技术顾问,2011(10):137.
[5] 毕建松,屈德芳,徐洋,等. 犬外伤性气胸的诊治[J]. 中国畜牧兽医文摘,2014,30(1):149.
[6] 林爱清. 一例幼犬肺炎的诊断与治疗[J]. 福建畜牧兽医,2022,44(4):108-109.
[7] WANG H Y, HUA X W, WU F G, et al. Synthesis of ultrastable copper sulfide nanoclusters via trapping the reaction intermediate; Potential anticancer and antibacterial applications[J]. ACS applied materials & interfaces, 2015,7(13):7082-7092.

cer and antibacterial applications[J]. ACS applied materials & interfaces, 2015,7(13):7082-7092.
[8] YANG X, LI J, LIANG T, et al. Antibacterial activity of two-dimensional MoS₂ sheets[J]. Nanoscale, 2014,6(17):10126-10133.
[9] 王莹莹,邓明友,胡蕾,等. 经皮肺穿刺活检术在肺部实性占位性病变中的诊断价值[J]. 检验医学与临床,2021,18(10):1479-1482.
[10] 孟冰然,陈鹏翔,郭延敏. 一例犬肺水肿合并肺出血的诊断与治疗[J]. 黑龙江畜牧兽医,2020(6):71-73.
[11] REGIER P J, GALLASTEGUI A, CRAFT W F. Successful treatment of congenital lobar emphysema in multiple lung lobes in an English bulldog puppy[J]. Journal of the American animal hospital association, 2021,57(2):96-100.
[12] ROLLOIS M, RUEL Y, BESSO J G. Passive liver congestion associated with caudal vena caval compression due to oesophageal leiomyoma[J]. Journal of small animal practice, 2003,44(10):460-463.