玉米北方炭疽病发生危害调查及施肥覆膜措施对病害发生的影响

孙佳莹[1] 王晓旭[2] 张崎峰[3] 薛春生[1] 肖淑芹[1*] 陈 捷[4*]

（1. 沈阳农业大学植物保护学院，沈阳 110866；2. 辽宁省辽阳市现代农业发展服务中心，辽阳 111000；
3. 黑龙江省农业科学院黑河分院，黑河 164300；4. 上海交通大学农业与生物学院，上海 200240）

摘要：为明确玉米品种抗病性及施肥覆膜措施对玉米北方炭疽病发生的影响，于2016—2018年利用五点取样法系统调查东北部分玉米种植区北方炭疽病的发生危害，利用线性回归分析确定气象因子与炭疽病发生的相关性，通过田间小区试验鉴定101个玉米品种对北方炭疽病的抗性，并观察肥料施用方式、种类以及地膜使用对病害发生的影响。结果表明，2016—2018年玉米北方炭疽病在东北玉米种植区普遍发生，其中吉林省和黑龙江省部分地区为重发区，病害发生程度与7—8月份平均气温和降雨量密切相关。供试玉米品种中辽单752、禾农九、中元999和山与城1号4个品种对玉米北方炭疽病表现为高抗，占总数的3.96%，无免疫品种。基肥和追肥量分别为675 kg/hm^{2}和150 kg/hm^{2}时病害发生较轻，病情指数为18.61，减肥30%对病害发生无明显影响；缓释肥和地膜均可有效减轻病害发生。表明种植抗病品种、合理使用肥料及地膜是东北地区防治玉米北方炭疽病的有效措施。

关键词：玉米北方炭疽病；发生危害；品种抗病性；缓释肥；地膜

Occurrence of maize eyespot and control effect of fertilizer and film application against the disease

SUN Jiaying[1] WANG Xiaoxu[2] ZHANG Qifeng[3] XUE Chunsheng[1] XIAO Shuqin[1*] CHEN Jie[4*]

（1. College of Plant Protection, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, Liaoning Province, China;
2. Liaoyang Modern Agricultural Development Service Center, Liaoyang 111000, Liaoning Province, China;
3. Heihe Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Heihe 164300, Heilongjiang Province, China; 4. School of Agriculture and Biology, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200240, China）

Abstract: In order to determine the effects of varieties, fertilizer and film application to control maize eyes pot, the occurrence of maize eyespot was investigated in northeastern China with five-point sampling method in 2016—2018, and the correlation between climatic factors and disease occurrence were determined by using linear regression analysis. The disease resistance of 101 maize varieties was identified, and the control effects of fertilizer application, types and film to maize eyespot were analyzed. The results showed that the maize eyespot in 2016—2018 occurred widely in northeastern China, and seriously in Jilin and Heilongjiang provinces. Severity of the disease occurrence was closely related to the average temperature and rainfall from July to August. Among the test varieties, four varieties (Liaodan 752, Henongjiu, Zhongyuan 999, Shanyucheng 1) showed high resistance to maize eyespot, and immune variety were not found. Severity of maize eyespot reduced when the amount of basal fertilizer and topdressing was 675 kg/hm^2 and 150 kg/hm^2 respectively, with the disease index of

基金项目：国家重点研发计划(2018YFD0300307)，国家现代农业(玉米)产业技术体系(CARS-02)

* 通信作者（Authors for correspondence），E-mail：syxiaoshuqin@163.com，jiechen59@sjtu.edu.cn

收稿日期：2019-09-16

18.61. Thirty percent fertilizer reduction did not aggravate the disease occurrence. Slow-release fertilizer and film application could effectively alleviate the disease occurrence. The results demonstrated that planting disease-resistant varieties, rational application of fertilizers and film could control effectively maize eyespot in northeastern China.

Key words: maize eyespot; occurrence and damage; variety resistance; low releasing fertilizer; film

玉米北方炭疽病又称眼斑病，是由玉蜀黍球梗孢菌*Kabatiella zeae*引起的，主要分布在湿度较高、温度偏低或海拔较高的世界各玉米种植区（Arny et al.，1971；dos Santos，2007）。1959年，Narita & Hiratsuka（1959）首次记载日本发生玉米北方炭疽病；1963—1964年，该病害在我国吉林省敦化、珲春等市普遍发生（戚佩坤等，1966），之后鲜有报道。1997年，该病害蔓延至黑龙江、辽宁以及云南等省；1998年，该病害在辽宁省14个市县区普遍发生，造成制种田绝产（徐秀德等，2000）。目前已发现我国吉林省、黑龙江省、辽宁省、内蒙古自治区东北部、河北省北部、陕西省北部和云南省、贵州省高海拔地区均有玉米北方炭疽病的发生（孙佳莹等，2015；王振营和王晓鸣，2019），其中黑龙江省和吉林省是该病害重度发生地区，对玉米产量和种子质量造成严重危害（孙佳莹等，2016）。

玉米北方炭疽病的发生受气候条件影响较大，但缺乏抗病品种也是该病害流行的主要原因之一。不同品种对北方炭疽病的抗性存在差异，但差异不显著，大多数自交系和杂交种表现为感病（Narita & Hiratsuka，1959；Chiang et al.，1990）。徐德秀等（2000）报道在人工接种条件下，供试18个玉米杂交品种中未发现高抗或免疫品种；孙佳莹等（2016）等研究发现我国东北地区种植的玉米主栽品种中仅有山与城1号对该病害表现为高抗，其它玉米品种均表现为中抗或感病。2019年东北地区玉米播种面积为1 263.9万hm^2（http://www.stats.gov.cn/ tjsj/zxfb/201412/t20141204_648275.html），在此情况下很难实现玉米与其它非禾本科作物轮作，加之保护性耕作措施大面积推广应用造成病原菌大量积累，因此种植抗病品种对于控制玉米北方炭疽病的流行至关重要。已有研究表明，玉米抗北方炭疽病受数量性状控制，加性和显性效应显著，抗性遗传规律并不清楚（Chiang et al.，1990），因此鉴定抗源材料和推广品种的抗病性，是目前研究抗性遗传机制和解决生产问题的当务之急。

抽雄期是玉米北方炭疽病发生的关键时期（孙佳莹等，2016），同时也是玉米由穗期向花粒期过渡的关键生育期，对氮素需求敏感（娄方德，1999）。肥料的施用量对玉米病害发生影响显著，施肥量较高会加重玉米穗腐病，增施钾肥能减轻玉米茎腐病的危害，肥料施用不当则会加重玉米小斑病和玉米纹枯病的发生和危害（李红等，2004；叶坤浩等，2015；姜妍等，2019）。传统的一次性施肥，在生产过程中易出现肥料利用率低、增产效果差、生长后期易脱肥等问题（尉元明等，2003；于涛和陈静生，2004；陈浩等，2013）。因此针对玉米北方炭疽病害发生特点和时期，研究肥料及减肥措施等对北方炭疽病发生及对产量的影响，可明确玉米生长发育过程所需关键养分在病害防治中的重要作用。

近年来，随着秸秆还田、免耕直播和地膜覆盖等保护性耕作栽培方式的推广应用，大量未腐熟秸秆为病菌的生长、繁殖提供了适宜的环境条件，使其数量不断累积，增加了越冬菌源量，造成玉米病害逐年加重（杨沫，2016）。为此，本研究于2016—2018年对东北主要玉米产区的北方炭疽病发生情况进行详细调查，分析温、湿度等条件对病害发生的影响，并通过田间小区试验深入研究玉米品种抗病性、肥料施用方式、种类以及地膜使用对病害发生的影响，以期为玉米北方炭疽病的防治提供抗病品种储备和有效栽培措施。

1 材料与方法

1.1 材料

供试菌株及玉米品种：玉米北方炭疽病菌SYND-12菌株由沈阳农业大学植物保护学院分子植物病理实验室保存并提供。玉米供试品种共101个，用于抗病性鉴定；其中德美亚3号、先玉335、吉单83、铁研58、郑单958、宏硕899、辽单575、丹玉405和连科8号作为病害调查品种；郑单958为肥料、地膜试验品种；所有玉米种子由沈阳农业大学种子公司、辽宁省农业科学院玉米研究所、吉林省通化市农业科学院和黑龙江省农业科学院齐齐哈尔分院提供。

供试培养基：马铃薯葡萄糖琼脂（potato dextrose agar，PDA）培养基：马铃薯200 g、葡萄糖15 g、

琼脂粉20 g,蒸馏水定容到1 L;玉蜀黍球梗孢菌(*Kabatiella zeae*,KZ)液体培养基:羧甲基纤维素10 g、麦芽糖5 g、蛋白胨1.5 g、KH_2PO_4 1 g,蒸馏水定容至1 L。

供试肥料、地膜及仪器:基肥为脲甲醛缓释复混肥(N∶P_2O_5∶K_2O=26∶12∶15)、种肥为澳特尔硫基复合肥(N∶P_2O_5∶K_2O =16∶14∶15),湖北澳特尔化工有限公司;追肥为46%大颗粒缓释尿素,青岛五洲丰田生物技术有限公司;缓释肥为含氯型动物源氨基酸肥料(N∶P_2O_5∶K_2O=15∶5∶5),湖北新生源生物工程有限公司生产。白色地膜为聚乙烯吹塑农用地面覆盖薄膜,吉林华研农膜厂。DHP-9012电热恒温培养箱,上海一恒科学仪器有限公司;SPX150BD振荡培养箱,上海印溪仪器仪表有限公司;WBD-20八角背负式电动喷雾器,山东益晨机械厂。

1.2 方法

1.2.1 田间玉米北方炭疽病情况调查

2016—2018年4—5月在黑龙江省黑河、绥化,吉林省梅河口和辽源以及辽宁省沈阳、铁岭、昌图、清原、新宾、桓仁、宽甸等市县播种玉米,于9月采用五点取样法调查玉米北方炭疽病的发生情况,每个地区调查5个地块,每个地块大小为100 m×100 m,地块间相距10 km,每个地块设5个样点,每点调查100株玉米。参照孙佳莹(2017)方法对玉米北方炭疽病进行分级,分级标准:0级:叶片上无病斑,为免疫;1级:仅在穗位下部叶片上有少量病斑,病斑面积占叶面积的比例少于5%,为高抗;3级:穗位下部叶片上有少量病斑,占叶面积的6%~10%,穗位上部叶片有零星病斑,为抗病;5级:穗位下部叶片上病斑较多,占叶面积的11%~30%,穗位上部叶片有较多病斑,为中抗;7级:穗位上部叶片有大量病斑,病斑相连,占叶面积的31%~70%,下部病叶枯死,为感病;9级:全株叶片的71%以上为病斑覆盖,叶片枯死,为高感。记录发病株数并计算病情指数,病情指数=∑(各级病叶数×各级代表值)/(调查总叶数×最高级代表值)×100。同时,选取来源于中国气象数据网(http://data.cma.cn/)各地的7、8月份平均气温和降雨量数据,对气象因子与病害发生之间的关系进行线性回归分析,明确气象因子对病害发生的影响。

1.2.2 品种抗玉米北方炭疽病鉴定

于2016—2018年在沈阳农业大学科研基地进行品种成株期田间抗病性评价。供试101个玉米品种按照从1~101的编号顺序进行播种,每个品种种植1行,行长10 m,行距60 cm。将玉米北方炭疽病菌菌株SYND-12置于PDA培养基上,黑暗条件下25℃培养7 d,用内径为6 mm的无菌打孔器在菌落边缘打取菌饼,放置于KZ液体培养基中,25℃、150 r/min条件下振荡培养3 d后,3层纱布过滤,利用血球计数板配制成浓度为1×10^6个/mL的孢子悬浮液,加入浓度为0.05%吐温-20,备用。接种时间为玉米抽雄期(每年8月10日左右),采用喷雾法将孢子悬浮液喷雾接种玉米叶片,每株接种5 mL,15 d充分发病后分别调查记录供试玉米品种的病级,分级标准同1.2.1。

1.2.3 施肥方式和水平对玉米北方炭疽病发生的影响

将郑单958玉米种子于2018年4月28日播种于沈阳农业大学科研基地,种植密度为6万株/hm^2,行长10 m,3行区,小区大小为10.0 m×2.1 m。前荐作物为玉米,人工除草,正常田间管理。设置不同施肥方式和水平处理,每个处理1个小区,各小区随机排列。2018年8月20日采用喷雾法将1.2.2制备的孢子悬浮液喷雾接种于玉米叶片,每株接种5 mL。接种15 d后逐株调查发病情况计算病情指数,分级标准与病情指数计算同1.2.1。

不同基肥和追肥施用量处理:分别于2018年4月28日和2018年7月5日施用基肥和追肥,设置16个基施和追肥用量处理,处理1~4为:基肥450 kg/hm^2,追肥分别为0、150、225和300 kg/hm^2;处理5~8为基肥600 kg/hm^2,追肥分别为0、150、225和300 kg/hm^2;9~12为基肥675 kg/hm^2,追肥分别为0、150、225和300 kg/hm^2;13~16为基肥750 kg/hm^2,追肥为0、150、225和300 kg/hm^2;以不施肥为空白对照。每处理3次重复。

不同减肥处理:以600 kg/hm^2基肥+120 kg/hm^2种肥+169.5 kg/hm^2追肥为常规施肥处理,设置85%和70%两个减量处理,以不施肥为空白对照,每处理3次重复。种肥与基肥一同施用,施肥时间为2018年4月28日。

缓释肥处理:设缓释肥、常规施肥(只施基肥)2个处理,以不施肥为空白对照,于2018年4月28日一次性施用,施用量均为600 kg/hm^2,每处理3次重复。

1.2.4 地膜覆盖对玉米北方炭疽病发生的影响

将郑单958玉米种子于2018年4月28日播种于沈阳农业大学科研基地,种植密度为6万株/hm^2。行长10 m,小区面积10 m×2.1 m,各处理小区随机排列。前荐作物为玉米,人工除草,正常田间管理。玉米出苗前进行覆膜,2种地膜处理,地膜1规格为1.5 m×0.6 s,地膜2为1.5 m×0.8 s,不覆膜为空白对

照。每处理3次重复。接种方式及病害调查时间、病级标准及病情指数计算同1.2.3。

1.2.5　玉米产量测定方法

在收获期，每个处理利用五点取样法调查10 m^2的玉米植株，每点取10株拷种，分别测定玉米穗重、粒重和空棒重。计算单穗增产量，单穗增产量=$\sum_{处理}$(玉米穗重−空棒重)/调查总株数−$\sum_{对照}$(玉米穗重−空棒重)/调查总株数

1.3　数据分析

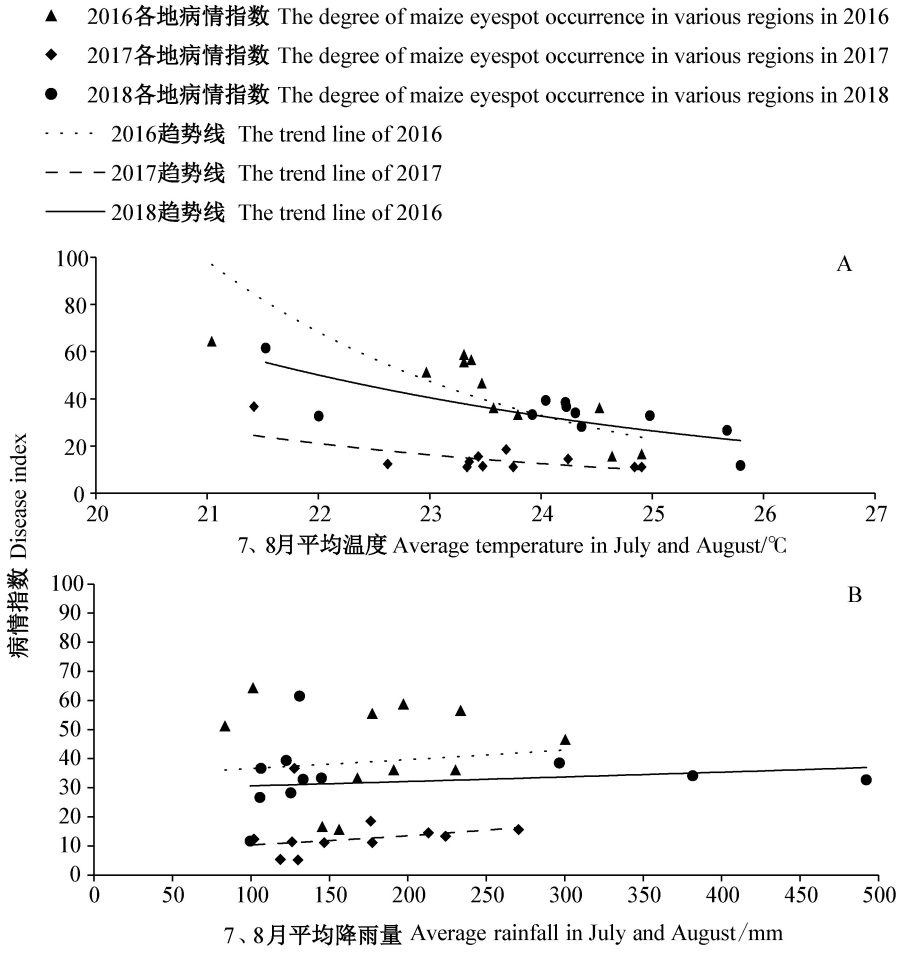
试验数据采用SPSS 22.0软件进行统计分析，应用Duncan氏新复极差法进行差异显著性检验。

2　结果与分析

2.1　玉米北方炭疽病田间发病调查

2016—2018年，玉米北方炭疽病在东北各地区发生程度明显不同。2016年，北方炭疽病在调查地区均有发生，其中吉林省和黑龙江省各地区发生较重，病情指数为51.22~64.44，黑河市发病最重，病情指数为64.44；辽宁省各地区发生较轻，但病害在桓仁县发生较重，病情指数为56.56。2017年，东北各地区全年干旱少雨，玉米北方炭疽病发生程度显著下降，其中黑河市发生最重，病情指数为36.67，黑龙江省其它地区、吉林省和辽宁省各地区发生程度均较轻。2018年，玉米北方炭疽病在东北各地均有发生，发生程度最重的地区仍为黑河市，病情指数为61.52，该病害在黑龙江省发生程度高于吉林省，病情指数分别为32.67~61.52和36.66~39.36，在辽宁省的发生程度最轻，病情指数为11.68~38.52。

线性回归分析表明，7、8月份平均温度与玉米北方炭疽病发生严重程度之间呈显著负相关(R=0.571，F=14.292>$F_{0.05}$=0.04，图1-A)，平均温度偏低则有利于该病害发生。7、8月平均降雨量与该病害发生严重程度呈显著正相关(R=0.319，F=5.143>$F_{0.05}$=0.44，图1-B)，说明7、8月份平均降雨量越大，病害发生越严重。



A：玉米北方炭疽病发生程度与7、8月份平均温度的关系；B：玉米北方炭疽病发生程度与7、8月份平均降雨量的关系。A：Severity of maize eyespot in average temperature in July and August；B：severity of maize eyespot in average rainfall in July and August.

图1　玉米北方炭疽病发生程度与气象因子的关系

Fig. 1　Correlation between severity of maize eyespot and climatic factors

2.2 玉米品种对玉米北方炭疽病的抗性鉴定

玉米品种对玉米北方炭疽病抗性鉴定结果表明，供试101个玉米品种分为高抗、抗、中抗、感和高感5种类型，其中仅辽单752、禾农九、中元999和山与城1号4个品种为高抗品种，占总数的3.96%；良玉88、鹏程265和嫩单18等45个品种为抗性品种，占总数的44.55%；沈玉33、吉单27和先玉969等41个品种为中抗品种，占总数的40.59%；胜丰179、德美亚2号等9个品种为感病品种，占总数的8.91%；辽科38、德美亚1号2个品种为高感品种，占总数的1.98%，未发现免疫品种（表1）。

表1 供试101个玉米品种对玉米北方炭疽病的抗性鉴定

Table 1 Identification resistant of 101 germplasm resources to maize eyespot disease

玉米品种 Maize variety	抗病类型 Disease resistance type	玉米品种 Maize variety	抗病类型 Disease resistance type	玉米品种 Maize variety	抗病类型 Disease resistance type
辽单752 Liaodan 752	HR	延科288 Yanke 288	R	富民985 Fumin 985	MR
禾农9 Henong 9	HR	吉单519 Jidan 519	R	先玉969 Xianyu 969	MR
中元999 Zhongyuan 999	HR	嫩单18 Nendan 18	R	合玉25 Heyu 25	MR
山与城1号 Shanyucheng 1	HR	大民3307 Damin 3307	R	嫩单19 Nendan 19	MR
良玉88 Liangyu 88	R	嫩单22 Nendan 22	R	京农科728 Jingnongke 728	MR
沈玉21 Shenyu 21	R	丰禾07 Fenghe 07	R	克玉15 Keyu 15	MR
沈丹16 Shendan 16	R	鑫鑫1 Xinxin 1	R	绥玉23 Suiyu 23	MR
沈玉17 Shenyu 17	R	绿单2号 Lüdan 2	R	克玉17 Keyu 17	MR
铁研58 Tieyan 58	R	农华101 Nonghua 101	R	星丹1 Xingdan 1	MR
良玉66 Liangyu 66	R	合玉29 Heyu 29	R	沈玉33 Shenyu 33	MR
辽单2701 Liaodan 2701	R	鑫科玉2 Xinkeyu 2	R	沈玉801 Shenyu 801	MR
良玉335 Liangyu 335	R	敦玉23 Dunyu 23	R	良玉99 Liangyu 99	MR
鹏诚365 Pengcheng 365	R	益农玉10 Yinongyu 10	R	3024	MR
吉程1号 Jicheng 1	R	禾田4 Hetian 4	R	辽单575 Liaodan 575	MR
富民58 Fumin 58	R	农华107 Nonghua 107	R	辽单707 Liaodan 707	MR
吉单50 Jidan 50	R	先玉1224 Xianyu 1224	MR	吉单27 Jidan 27	MR
迪卡519 Dika 519	R	稷秾107 Jinong 107	MR	郑单958 Zhengdan 958	MR
吉东81 Jidong 81	R	吉农大889 Jinongda 889	MR	先玉335 Xianyu 335	MR
嘉玉16 Jiayu 16	R	天龙华玉669 Tianlonghuayu 669	MR	九玉Jo 3 Jiuyu Jo 3	MR
九玉Mo 3 Jiuyu Mo 3	R	九羊318 Jiuyang 318	MR	博盛888 Bosheng 888	MR
金玉100 Jinyu 100	R	远科107 Yuanke 107	MR	天龙华玉5918 Tianlonghuayu 5918	MR
天农九 Tiannongjiu	R	吉农大935 Jinongda 935	MR	福莱818 Fulai 818	MR
吉农大819 Jinongda 819	R	美育339 Meiyu 339	MR	胜丰179 Shengfeng 179	S
雄玉518 Xiongyu 518	R	通单258 Tongdan 258	MR	丰垦139 Fengken 139	S
军育288 Junyu 288	R	吉东56 Jidong 56	MR	翔玉198 Xiangyu 198	S
宏兴1号 Hongxing 1	R	京科968 Jingke 968	MR	雄玉585 Xiongyu 585	S
雄玉582 Xiongyu 582	R	稷秾108 Jinong 108	MR	天育108 Tianyu 108	S
乾玉118 Qianyu 118	R	科玉15 Keyu 15	MR	军育518 Junyu 518	S
吉农玉1881 Jinongyu 1881	R	先农217 Xianyu 217	MR	平安169 Ping'an 169	S
吉东75 Jidong 75	R	福莱7755 Fulai 7755	MR	德美亚2 Demeiya 2	S
九单318 Jiudan 318	R	吉单1402 Jidan 1402	MR	德美亚3 Demeiya 3	S
九圣禾581 Jiushenghe 581	R	豫禾368 Yuhe 368	MR	辽科38 Liaoke 38	HS
郁青358 Yuqing 358	R	辽吉939 Liaoji 939	MR	德美亚1 Demeiya 1	HS
九圣禾524 Jiushenghe 524	R	九圣禾523 Jiushenghe 523	MR		

HR：高抗；R：抗病；MR：中抗；S：感病；HS：高感。HR：Highly resistant；R：resistant；MR：moderately resistant；S：susceptible；HS：highly susceptible.

2.3 施肥方式和水平对玉米北方炭疽病发生的影响

2.3.1 基肥和追肥施用量的影响

基肥和追肥的施用可有效减轻玉米北方炭疽病的发生，不同处理间病害发生程度存在显著差异，其中基肥、追肥施用量分别为750 kg/hm²和150 kg/hm²时，该病害发生程度最重，病情指数为35.07；基肥、追肥施用量分别为600 kg/hm²和150 kg/hm²时，该病害发生程度最轻，病情指数为18.61，这2个处理的病害发生程度均显著小于空白对照。不同基肥和追肥施用量处理间的玉米单穗增产量均存在显著差异，在4.43~36.24 g之间（表2）。

表2 基肥和追肥施用量对玉米北方炭疽病发生的影响

Table 2 Control effect on maize eyespot by application topdressing and basal fertilizer

基肥+追肥施用量 Application topdressing and basal fertilizer	病情指数 Disease index	单穗增产量/g Increase yield per ear	基肥+追肥施用量 Application topdressing and basal fertilizer	病情指数 Disease index	单穗增产量/g Increase yield per ear
450 kg/hm²+0 kg/hm²	23.41±1.70 b	23.95±4.32 cd	675 kg/hm²+0 kg/hm²	22.49±0.54 b	34.46±1.67 ab
450 kg/hm²+150 kg/hm²	29.83±1.50 bcde	14.87±4.39 efgh	675 kg/hm²+150 kg/hm²	21.94±1.56 a	36.24±0.62 a
450 kg/hm²+225 kg/hm²	30.57±1.92 de	10.27±2.27 ghi	675 kg/hm²+225 kg/hm²	24.93±1.05 abc	19.22±2.33 def
450 kg/hm²+300 kg/hm²	30.03±0.90 cde	12.01±2.87 fghi	675 kg/hm²+300 kg/hm²	28.25±1.44 bcd	16.34±0.91 defg
600 kg/hm²+0 kg/hm²	30.59±1.96 de	7.60±1.79 hi	750 kg/hm²+0 kg/hm²	23.23±1.44 b	27.62±1.68 bc
600 kg/hm²+150 kg/hm²	18.61±0.87 c	41.19±1.54 a	750 kg/hm²+150 kg/hm²	35.07±1.81 e	4.43±1.82 i
600 kg/hm²+225 kg/hm²	27.37±1.72 bcd	17.21±3.54 defg	750 kg/hm²+225 kg/hm²	33.60±2.08 e	7.18±2.30 hi
600 kg/hm²+300 kg/hm²	24.73±1.39 ab	20.17±1.94 cde	750 kg/hm²+300 kg/hm²	32.13±1.85 de	7.22±1.94 hi
空白对照 Blank CK	43.32±1.89 f	–			

表中数据为平均数±标准差。同列数据后不同字母表示经 Duncan 氏新复极差法检验在 $P<0.05$ 水平差异显著。Data are mean±SD. Different letters in the same column indicate significant difference at $P<0.05$ level by Duncan's new multiple range test.

2.3.2 减肥处理的影响

减肥处理对玉米北方炭疽病的发生无明显影响，2种减肥处理病情指数为24.85~25.24，与常规施肥处理的病情指数24.92间无显著差异；2种减肥处理的单穗增产量为22.11~22.66 g，与常规施肥处理间无显著差异，表明适量减施肥料不会加重该病害的发生。所有施肥处理的病情指数均显著低于空白对照，进一步证明施肥能有效减轻玉米北方炭疽病的发生（表3）。

表3 减肥处理对玉米北方炭疽病发生的影响

Table 3 Control effect on maize eyespot by application fertilizer reduction

减肥处理 Fertilizer reduction	病情指数 Disease index	单穗增产量 Increasing yield per ear/g
常规施肥 Normal fertilizers amount	24.92±2.00 a	22.58±1.13 a
85%常规施肥 85% fertilizers amount	25.24±2.85 a	22.11±0.88 a
70%常规施肥 70% fertilizers amount	24.85±2.57 a	22.66±0.91 a
空白对照 Blank CK	43.32±1.89 b	–

表中数据为平均数±标准差。同列数据后不同字母表示经 Duncan 氏新复极差法检验在 $P<0.05$ 水平差异显著。Data are mean±SD. Different letters in the same column indicate significant difference at $P<0.05$ level by Duncan's new multiple range test.

2.3.3 缓释肥处理的影响

施用缓释肥可显著减轻玉米北方炭疽病的发生，施用缓释肥和常规施肥后该病害发生程度存在显著差异，施用缓释肥处理病情指数为17.32，显著低于常规施肥处理和空白对照，且对单穗增产量也有显著影响，单穗增产量达38.87 g（表4）。

2.4 覆用地膜对玉米北方炭疽病发生的影响

地膜和无地膜处理下玉米北方炭疽病发生严重程度存在显著差异，地膜处理后的病情指数为33.30~34.68，显著低于无地膜处理，但2种地膜处理间无显著差异，且均显著低于空白对照，表明地膜的使用可有效减轻病害的发生，且对单穗增产量具有一定程度的增加，地膜1和地膜2处理的单穗增产量分别为5.67 g和6.81 g（表5），表明地膜种类对病害的发生程度无明显影响。

3 讨论

本试验通过连续3年调查11个东北玉米种植地

区北方炭疽病田间自然发生情况，发现该病害在黑龙江省发生最重，吉林省次之，辽宁省发生较轻。为此本试验分析了气象因子与病害发生程度的关系，表明7、8月份的平均气温和降雨量显著影响玉米北方炭疽病的发生，温度偏低，降雨量大时有利于该病害的发生流行，目前对于北方炭疽病的扩展路径尚不清楚。吉林省和黑龙江省7—8月份若出现持续的低温和连续降雨的气候条件，无高抗品种种植条件下该病害可能会暴发，应采用植保无人机或自走式高秆喷雾机喷施化学药剂进行保护。

表4 缓释肥处理对玉米北方炭疽病发生的影响

Table 4 Control effect on maize eyespot by application low releasing fertilizer

肥料处理Fertilizer treatment	病情指数Disease index	单穗增产量 Increasing yield per ear/g
缓施肥Low releasing fertilizer	17.32±0.55 a	38.37±5.16 a
常规施肥Fertilizer	24.92±2.00 b	22.58±1.13 b
空白对照Blank CK	43.32±1.89 c	–

表中数据为平均数±标准差。同列数据后不同字母表示经 Duncan氏新复极差法检验在P<0.05水平差异显著。Data are mean±SD. Different letters in the same column indicate significant difference at P<0.05 level by Duncan's new multiple range test.

表5 覆用地膜对玉米北方炭疽病发生的影响

Table 5 Control effect on maize eyespot by application film

处理Treatment	病情指数Disease index	单穗增产量 Increasing yield per ear/g
地膜1 Film 1	34.68±1.55 a	5.67±1.28 a
地膜2 Film 2	33.30±1.50 a	6.81±1.49 a
空白对照Blank CK	43.32±1.89 b	–

表中数据为平均数±标准差。同列数据后不同字母表示经 Duncan氏新复极差法检验在P<0.05水平差异显著。Data are mean±SD. Different letters in the same column indicate significant difference at P<0.05 level by Duncan's new multiple range test.

国内外已有研究表明，玉米品种对北方炭疽病的抗性由数量性状控制，自交系和品种对北方炭疽病的抗性程度较低（Smiljakovič & Penčič，1971；徐秀德等，2000；孙佳莹等，2016）。本试验也获得类似结果，通过人工接种鉴定了101个东北地区推广种植的玉米品种对北方炭疽病的抗性，结果表明玉米品种对北方炭疽病的抗性存在明显差异，其中高抗、抗病、中抗、感病和高感品种分别占总数的3.96%、44.55%、40.59%、8.91%和1.98%。目前在东北地区推广种植的玉米品种中未发现免疫品种，多为抗性和中抗品种。缺乏抗玉米北方炭疽病品种资源，可能是近年来东北地区玉米北方炭疽病连续发生的主要原因，因此在病害常发区应淘汰感病品种，选择播种耐病或抗病的品种以减缓病害流行，同时应积极寻找高抗和免疫等抗源材料，通过育种手段选育抗病品种来有效控制北方炭疽病。

由于玉米较其它作物而言具有较强的耐肥性，耕作过程中经常出现化肥超量施用现象（韩淑君和鲁振勇，2015）。较高的施肥量使作物生长迅速，郁闭程度增加，提高田间小气候湿度，有助于病原真菌侵染（姜妍等，2019）。本试验结果表明，基肥和追肥量分别为675 kg/hm^{2}和150 kg/hm^{2}时北方炭疽病发生最轻，过量施用基肥和追肥均可加重该病害的发生。综上所述，合理高效使用肥料不仅可满足玉米生长发育需要，还可减轻病害的发生程度。

自2015年以来，我国以占世界7%的耕地面积投入了超过世界总量33%的化肥农药（张凯等，2019），化肥农药过量施用带来的生态环境污染、农产品质量安全、耕地质量下降、生物多样性破坏、农产品生产成本持续升高等问题已成为关注重点。本试验结果表明，适量减肥对玉米北方炭疽病的发生无明显影响，70%常规施肥量可在保证产量的基础上，有效减轻病害的发生。与常规肥料相比，缓释肥具有延缓肥料的释放速度，提高肥料利用率，减少多余养分对环境污染等优点（易镇邪和王璞，2007；苏琳等，2009）。本试验发现缓释肥的施用有助于提高植株的抗病性，减轻北方炭疽病的发生。可能因为缓释肥能够保证玉米整个生育期都有充足的养分维持其生长发育，减轻了一次性基施肥料造成的施肥过量和后期追肥对植株的外部伤害（周翔，2019）。

覆膜栽培是目前东北地区普及和推广的玉米高产栽培模式之一，可以提高土壤温度、增加土壤含水量、改善土壤理化性状，进而加快玉米生长发育进程，提高玉米的抗逆性，显著提高玉米产量（夏自强

等，1997；王喜庆等，1998；王有宁等，2004）。Li et al.（1999）发现地膜覆盖可有效解决苗期低温导致玉米发苗迟的问题；姜军侠等（2018）研究结果表明，在覆膜栽培条件下玉米病害的发生程度显著轻于露地栽培，白色地膜覆盖栽培和黑色地膜覆盖栽培田块玉米病害的发生程度无明显差异。本研究也发现，覆用地膜可减轻玉米北方炭疽的发生，这可能与玉米生育期提前，病原菌侵染概率降低有关。

致谢：辽宁省农业科学院玉米研究所刘京副研究员、吉林省通化市农业科学院董本春研究员、黑龙江省农业科学院齐齐哈尔分院王俊强研究员、黑龙江省农业科学院绥化分院邵勇副研究员为本试验提供了玉米品种，特此致谢！

参 考 文 献（References）

ARNY DC, SMALLEY EB, ULLSTRUP AJ, WORF GL, AHRENS RW. 1971. Eyespot of maize, a disease new to North America. Phytopathology, 61: 54−57

CHEN H, YANG DY, JIN XB. 2013. The analysis on the soil pollution of Shihezi cultivated land. Journal of Arid Land Resources and Environment, 27(2): 186−192 (in Chinese) [陈浩, 杨达源, 金晓斌. 2013. 石河子垦区耕地土壤污染问题分析. 干旱区资源与环境, 27(2): 186−192]

CHIANG MS, HUDON M, DEVAUX A. 1990. Inheritance of resistance to *Kabatiella* eyespot of maize. Phytoprotection, 71(3): 107−112

DOS SANTOS I, DA SILVA A, MALAGI G. 2007. Occurrence of maize eyespot caused by *Kabatiella zeae* in Paraná and Santa Catarina State, Brazil. Fitopatologia Brasileira, 32(4): 359

HAN SJ, LU ZY. 2015. Occurrence status and control measures of corn diseases in China. Agriculture and Technology, 35(4): 94 (in Chinese) [韩淑君, 鲁振勇. 2015. 我国玉米病害发生现状及防治措施. 农业与技术, 35(4): 94]

JIANG JX, ZHAO RR, DONG JG, WU JX, LI YP. 2018. Effect of different cultivation patterns of maize on the occurrences of major pests. China Plant Protection, 38(10): 31−37, 52 (in Chinese) [姜军侠, 赵瑞瑞, 董继广, 仵均祥, 李怡萍. 2018. 不同栽培模式对玉米主要病虫草害发生的影响. 中国植保导刊, 38(10): 31−37, 52]

JIANG Y, LIU YX, LI RJ, PANG MH, LIU YC, DONG JG. 2019. The influences of planting density, fertilizer level, tillage method and insecticide on maize ear rot and contamination of fumonisins. Journal of Plant Protection, 46(3): 693−698 (in Chinese) [姜妍, 刘延兴, 李人杰, 庞民好, 刘颖超, 董金皋. 2019. 密度、施肥、种植方式及杀虫剂处理对玉米穗腐病及伏马毒素污染的影响. 植物保护学报, 46(3): 693−698]

LI FM, GUO AH, WEI H. 1999. Effects of clear plastic film mulch on yield of spring wheat. Field Crops Research, 63(1): 79−86

LI H, SHA HL, SONG SY, ZHANG W, JIN QM, LI Y, WANG XB. 2004. Trial study on the use of enough potash fertilizer and high-effect seed coating in controlling corn stalk rot. Journal of Jilin Agricultural University, 26(4): 360−362 (in Chinese) [李红, 沙洪林, 宋淑云, 张伟, 晋齐鸣, 李羽, 王秀波. 2004. 应用足量钾肥和高效种衣剂防治玉米茎腐病的试验研究. 吉林农业大学学报, 26(4): 360−362]

LOU FD. 1999. Absorbing pattern of nitrogen, phosphorus and potassium element in compact maize variety Yedan 13. Guizhou Agricultural Sciences, 27(4): 12−15 (in Chinese) [娄方德. 1999. 紧凑型玉米掖单 13 对氮磷钾元素的吸收规律. 贵州农业科学, 27(4): 12−15]

NARITA T, HIRATSUKA Y. 1959. Studies on *Kabatiella zeae* n. sp., the causal fungus of a new leaf spot disease of corn. Japanese Journal of Phytopathology, 24(3): 147−153

QI PK, BAI JK, ZHU GX. 1966. Cultivated plant fungal diseases in Jilin Province. Beijing: Science Press, pp. 28−30 (in Chinese) [戚佩坤, 白金铠, 朱桂香. 1966. 吉林省栽培植物真菌病害志. 北京: 科学出版社, pp. 28−30]

SMILJAKOVIĆ H, PENČIĆ V. 1971. *Kabatiella zeae* Narita et Hiratsuka, agent of corn disease in Yugoslavia. Zastita Bilja, 22(115/116): 317−321

SU L, SHAO GQ, SHI LP, LI ZJ, NING TY. 2009. Effect of applying rate and method of controlled-release urea on yield formation and nitrogen use efficiency of summer maize. Shandong Agricultural Sciences, (7): 63−65 (in Chinese) [苏琳, 邵国庆, 史莲萍, 李增嘉, 宁堂原. 2009. 控释尿素用量与施用方式对玉米产量形成和氮肥利用率的影响. 山东农业科学, (7): 63−65]

SUN JY. 2017. Biological characteristics and optimize the system of *Agrobacterium tumefaciens* mediated transformation of *Aureobasidium zeae.* Master Thesis. Shenyang: Shenyang Agricultural University (in Chinese) [孙佳莹. 2017. 玉米北方炭疽病菌(*Aureobasidium zeae*)生物学特性及 ATMT 遗传转化体系建立. 硕士学位论文. 沈阳: 沈阳农业大学]

SUN JY, XIAO SQ, LU YY, TU GP, XUE CS, CHEN J. 2015. Isolation, identification and biological characteristics of *Aureobasidium zeae* in Liaoning Province. Journal of Plant Protection, 42(6): 927−934 (in Chinese) [孙佳莹, 肖淑芹, 路媛媛, 涂广平, 薛春生, 陈捷. 2015. 辽宁省玉米北方炭疽病菌的分离鉴定及生物学特性. 植物保护学报, 42(6): 927−934]

SUN JY, XIAO SQ, XU JN, LIU KX, MA CG, XUE CS, CHEN J. 2016. Occurrence condition and chemical control of maize eyespot in Liaoning Province. Journal of Maize Sciences, 24(5): 147−151 (in Chinese) [孙佳莹, 肖淑芹, 许佳宁, 刘克心, 马昌广, 薛春生, 陈捷. 2016. 辽宁省玉米北方炭疽病发生条件与药剂防治. 玉米科学, 24(5): 147−151]

WANG XQ, LI SX, GAO YJ. 1998. Effect of plastic film mulching on ecophysiology and yield of the spring maize's on the arid land. Acta Agronomica Sinica, 24(3): 348−353 (in Chinese) [王喜庆, 李生秀, 高亚军. 1998. 地膜覆盖对旱地春玉米生理生态和产量的影响. 作物学报, 24(3): 348−353]

WANG YN, WANG RT, DONG XR. 2004. Light temperature effect of farm land coving with film. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 12(3): 134−136 (in Chinese) [王有宁, 王荣堂, 董秀荣. 2004. 地膜覆盖作物农田光温效应研究. 中国生态农业学报, 12(3): 134−136]

WANG ZY, WANG XM. 2019. Current status and management strategies for corn pests and diseases in China. Plant Protection, 45(1): 1−11 (in Chinese) [王振营, 王晓鸣. 2019. 我国玉米病虫害发生现状、趋势与防控对策. 植物保护, 45(1): 1−11]

WEI YM, ZHU LX, QIAO YJ, ZHANG JP. 2003. The agricultural fertilization and its impact on the environment in the arid area. Journal of Arid Land Resources and Environment, 17(5): 65−68 (in Chinese) [尉元明, 朱丽霞, 乔艳君, 张景平. 2003. 干旱地区灌溉农田化肥施用现状与环境影响分析. 干旱区资源与环境, 17(5): 65−68]

XIA ZQ, JIANG HG, LI QF, ZHAO SL. 1997. Effect of mulch on soil temperature and moisture and analysis of water saving benefit. Journal of Hohai University, 25(2): 39−45 (in Chinese) [夏自强, 蒋洪庚, 李琼芳, 赵胜领. 1997. 地膜覆盖对土壤温度、水分的影响及节水效益. 河海大学学报, 25(2): 39−45]

XU XD, DONG HY, JIANG Y, QIAO Y, LIU ZH, SUN JD. 2000. Preliminary studies on the northern anthracnose disease in maize. Journal of Shenyang Agricultural University, 31(5): 507−510 (in Chinese) [徐秀德, 董怀玉, 姜钰, 乔勇, 刘志恒, 孙军德. 2000. 辽宁省玉米新病害—北方炭疽病研究初报. 沈阳农业大学学报, 31(5): 507−510]

YANG M. 2016. Main problems and countermeasures of maize straw returning to field in China. Agricultural Science & Technology and Equipment, 259(1): 65−66 (in Chinese) [杨沫. 2016. 我国玉米秸秆还田主要问题及对策. 农业科技与装备, 259(1): 65−66]

YE KH, GONG GS, QI XB, YUAN JC, JIANG CX, SUN XF, WANG YY, YANG JZ. 2015. Effect of cultivation measures on sheath blight and southern leaf blight of corn. Plant Protection, 41(4): 154−159 (in Chinese) [叶坤浩, 龚国淑, 祁小波, 袁继超, 蒋春先, 孙小芳, 王一羽, 杨继芝. 2015. 几种栽培措施对玉米纹枯病和小斑病的影响. 植物保护, 41(4): 154−159]

YI ZX, WANG P. 2007. Effect of coated compound fertilizer on yield, nitrogen use efficiency and soil available nitrogen in summer maize. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 13(2): 242−247 (in Chinese) [易镇邪, 王璞. 2007. 包膜复合肥对夏玉米产量、氮肥利用率与土壤速效氮的影响. 植物营养与肥料学报, 13(2): 242−247]

YU T, CHEN JS. 2004. Impacts of the agricultural development on the water quality and nitrogen pollution of the Yellow River-case of Ningxia irrigation area. Journal of Arid Land Resources and Environment, 18(5): 1−7 (in Chinese) [于涛, 陈静生. 2004. 农业发展对黄河水质和氮污染的影响: 以宁夏灌区为例. 干旱区资源与环境, 18(5): 1−7]

ZHANG K, FENG TZ, XIONG C, ZHANG Z. 2019. Top design and progress in research and development of synthesis technique for reduction and synergy of chemical fertilizers and pesticides in China. Journal of Plant Protection, 46(5): 943−953 (in Chinese) [张凯, 冯推紫, 熊超, 张昭. 2019. 我国化学肥料和农药减施增效综合技术研发顶层布局与实施进展. 植物保护学报, 46(5): 943−953]

ZHOU X. 2019. Influences on spring maize growth, water and nitrogen utilization by the interactions of plastic mulching and controlled/slow release fertilizer in the Weibei dryland. Master Thesis. Yangling: Northwest A&F University (in Chinese) [周翔. 2019. 覆膜与控/缓释肥互作对渭北旱塬春玉米生长和水氮利用的影响. 硕士学位论文. 杨凌: 西北农林科技大学]

（责任编辑：王 璇）