主要栽培管理措施与黄淮区水稻黑条矮缩病发生的关系

赵庆雷[1] 王 瑜[1] 吴 修[1] 夏海勇[2] 李华东[1]
陈博聪[1] 周起先[1] 孙召文[1] 马加清[1*]

(1. 山东省水稻研究所, 山东省水稻工程技术研究中心, 济南 250100;
2. 山东省农业科学院作物研究所, 济南 250100)

摘要: 为探明栽培管理措施与黄淮区水稻黑条矮缩病发生的关系,采用田间实地调查法研究了灌水、施氮、落谷密度和防虫网处理对水稻黑条矮缩病发生的影响,并对黄淮区主要水稻品种进行抗(耐)病筛选。结果表明,秧田期减小落谷量和施氮量,发病率最高可分别降低78.5%和77.7%;水稻抽穗前采用浅湿灌溉与深水处理相比,发病率最高可降低70.3%;秧田期防虫网处理与无防虫网相比,发病率最高可降低87.6%;分蘖期不施氮肥处理较过量施氮发病率最高可降低83.5%。黄淮区主要品种抗(耐)病性存在显著差异,抗病和产量性状都较好的品种为新稻20和苏秀10号,而金粳18可能对该病具有较强的耐害性。因此,在黄淮稻区,采用浅湿灌溉方式,适当减少施氮量和落谷量,秧田期采用防虫网处理,并选择抗(耐)病品种,可减轻黑条矮缩病对水稻生产的危害。

关键词: 栽培管理; 水稻黑条矮缩病; 防控措施

The relationship between main cultivation management measures and the incidence of the rice black-streaked dwarf disease in Huanghuai area

Zhao Qinglei[1] Wang Yu[1] Wu Xiu[1] Xia Haiyong[2] Li Huadong[1]
Chen Bocong[1] Zhou Qixian[1] Sun Zhaowen[1] Ma Jiaqing[1*]

(1. Shandong Rice Research Institute, Shandong Rice Engineering Technology Research Center, Jinan 250100, Shandong Province, China; 2. Crop Research Institute, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan 250100, Shandong Province, China)

Abstract: In order to investigate the relationship between cultivation management measures and the rice black-streaked dwarf disease incidence in Huanghuai area, the effects of seeding density, irrigation method, insect-proof nets during seedling bed period and nitrogen fertilizer application on rice black-streaked dwarf disease incidence were studied under field conditions. Meanwhile, main rice varieties in Huanghuai area were screened according to their resistance (tolerance) to rice black-streaked dwarf disease. The results indicated that the disease incidence could be reduced by 78.5% and 77.7%, respectively, by reducing seeding density and nitrogen fertilizer application. Compared with the deep water layer, the shallow wet irrigation method reduced the disease incidence by 70.3%. Covering insect-

基金项目: 山东省农业重大应用技术创新课题,山东省农业良种工程农业生物资源创新利用,国家自然科学基金(31000696),济宁市科技计划

作者简介: 赵庆雷,男,1982年生,助理研究员,研究方向为水稻栽培管理及病虫害防治, E-mail: zqlok_193@163.com
*通讯作者(Author for correspondence), E-mail: mjq1961@126.com

收稿日期: 2013-12-09

proof nets during seedling bed period reduced the disease incidence by 87.6%, compared with no insect-proof nets for the variety of Lindao 18. The treatment without nitrogen fertilizer application reduced the disease incidence by 83.5%, compared with the excessive nitrogen fertilizer application treatment. Rice varieties mainly planted in Huanghuai area differed significantly in the resistance (tolerance) to the disease. The varieties of Xindao 20 and Suxiu 10 were better at both yield formation and disease resistance, and Jinjing 18 was likely to have strong tolerance to the disease. Therefore, in order to reduce the damage of rice black-streaked dwarf disease to rice production in Huanghuai rice planting area, the shallow wet irrigation methods should be adopted, seeding density and nitrogen fertilizer application be reduced suitably, coupled with insect-proof nets during seedling bed period, and the varieties resistant (tolerant) to rice black-streaked dwarf disease should be applied.

Key words: cultivation and management; rice black-streaked dwarf disease; prevention and control measures

黑条矮缩病是水稻重要的病毒病，由灰飞虱 *Laodelphax striatellus*（Fallén）传播水稻黑条矮缩病毒（*Rice black-streaked dwarf virus*，RBSDV）侵染引起，病状表现为植株矮缩，分蘖增加，叶片短而僵直，叶色浓绿等，不抽穗或穗小，对产量影响很大[1]。水稻黑条矮缩病毒还可引起玉米粗缩病和小麦绿矮病。我国水稻黑条矮缩病最早于 1963 年在浙江省发现。2005 年以来，该病在江苏、山东等稻区点片发生。2009—2011 年鲁西南地区大发生，传统方法种植病田率接近 100%，发病田块一般减产 30% 以上，严重地块甚至绝产，直接经济损失上亿元[2]。近年来，虽然发病情况有所减轻，但该病毒病的发生具有波动性、间歇性的特点，在黄淮稻区仍然具有大爆发的潜在可能。水稻黑条矮缩病已成为黄淮稻区的主要病害，水稻安全生产面临着巨大的潜在威胁，亟需研究制定高效的防控措施。

有关传播介体灰飞虱的发生规律以及防控水稻黑条矮缩病方法等的研究，目前已有不少报道。刘芳等[3]报道，Z-法尼烯、橙花叔醇及雪松醇 3 个组分对灰飞虱有明显的引诱作用，其相对含量的降低可能是抗虫品种不能吸引灰飞虱的原因；郑文静等[4]认为水稻植株中的粗纤维含量对灰飞虱取食选择性起决定作用，蛋白质含量和含水量也会影响灰飞虱的取食；孙明法等[5]研究表明，不同生育类型水稻品种间黑条矮缩病发病率差异显著，其中杂交中粳发病率最高，早熟晚粳发病率最低；张瑞华等[6-7]从抗水稻黑条矮缩病品种中筛选出抗性材料 9 份，中抗材料 14 份；王宝祥等[8]通过水稻黑条矮缩病的田间鉴定发现，分蘖盛期的病状最为显著，是病症观察的最佳时期，对江苏省 311 份粳稻品种进行重病区田间鉴定试验，未发现对黑条矮缩病毒免疫的品种；李爱宏等[9]通过标记辅助选择改良粳稻品种淮稻 5 号，使其对水稻黑条矮缩病发病率降低 25%；朱金良等[10]认为播种期及插秧前灰飞虱高峰期密度是影响条纹叶枯病发生的重要因子。

关于栽培管理措施对水稻黑条矮缩病发生的影响也有不少研究，如祝增荣等[11]报道了水稻覆膜旱作对病虫害发生的影响；李荣花等[12]研究了防虫网在防治水稻黑条矮缩病中的作用。虽然这些研究对水稻黑条矮缩病的防控具有一定的借鉴意义，但针对影响水稻生长的水、肥、插秧密度等栽培管理措施与水稻黑条矮缩病发生的关系尚未开展深入、系统的研究。针对黄淮稻区水稻黑条矮缩病发生严重，尚无高抗品种和有效防治药剂，对水稻生产构成潜在威胁的现状，本试验分别从秧田期和大田期 2 个生长阶段，研究了水、肥、插秧密度等栽培管理措施对该病发生的影响机制，以期为制定安全高效的防控水稻黑条矮缩病的措施提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试水稻：选用黄淮区种植面积较大的粳稻品种 20 个，用于抗（耐）水稻黑条矮缩病品种筛选。20 个主栽品种分别为金粳 18、香粳 9407、临稻 10 号、临稻 18、盐丰 47、津粳 253、阳光 600、中稻 1 号、大粮 202、临稻 19、圣稻 17、圣稻 15、临稻 16、津稻 263、大粮 203、新稻 20、苏秀 10 号、阳光 200、苏秀 867 和徐稻 3 号，其中品种金粳 18 还用于秧田期落谷密度和氮肥施用试验、大田分蘖期灌水试验和分蘖期氮肥施用试验，品种金粳 18、大粮 202 和临稻 18 还用于防虫网试验。

1.2 方法

共设 5 个试验,大田插秧规格为:单株插秧,行株距 25 cm × 15 cm,田间小区面积均设为 15 m^2 (3.75 m × 4 m)。各试验无特殊要求的均按常规水肥管理措施进行。

水稻常规水肥管理措施:水稻季本田期常规养分施用量分别为:N 330、P_2O_5 138.1、K_2O 94.6 kg/hm^2。氮肥的施用分作基肥、返青肥、分蘖肥和穗肥 4 次施用,施用比例为 4∶5∶6∶5,磷肥全部用作基肥施用,钾肥作基肥和穗肥各 50% 施用。大田期灌水方法:薄水栽秧、深水护苗,分蘖后期适度晾田,覆水后至孕穗前间歇灌水,孕穗期保持浅水层,乳熟期后采用间歇灌溉,成熟前 5 ~ 7 d 断水。水稻全生育期不使用化学药剂防治病虫害。

1.2.1 秧田期落谷密度和氮肥施用试验

设 3 种落谷密度,分别为 300(W1)、600(W2)、900 kg/hm^2(W3)。供试氮肥为尿素,设 3 种氮肥施用水平,分别为 150(N1)、375(N2)、750 kg N/hm^2(N3)。各处理秧田面积均为 4 m^2,试验共 9 个处理:N1W1、N1W2、N1W3、N2W1、N2W2、N2W3、N3W1、N3W2、N3W3,完全随机区组设计,3 次重复。

1.2.2 大田分蘖期灌水方式试验

本试验采用裂区设计,主处理分 C1(秧田期防虫网)和 C2(秧田期无防虫网)2 种,每种主处理下设 3 种灌水方式,分别为 G1(秧苗返青后至抽穗期田面保持 50 mm 以上水层)、G2(秧苗返青后至抽穗期田面保持 20 ~ 30 mm 水层)、G3(秧苗返青后至抽穗期每次灌水均灌至 20 ~ 30 mm 水层,自然落干后再灌水,如此始终保持干湿交替状态),水稻抽穗后灌水方法同常规,共计 6 个处理,分别为 C1G1、C1G2、C1G3、C2G1、C2G2、C2G3,完全随机区组设计,3 次重复。各处理小区单排单灌,中间设灌排水沟 1 条,小区分设两边,小区之间及小区与排水沟之间筑埂 30 cm 并包膜以防串灌。

1.2.3 防虫网试验

本试验采用裂区设计,主处理为 3 个水稻品种,分别为 P1(金粳 18)、P2(大粮 202)、P3(临稻 18),每种主处理下设 2 种防虫网处理,分别为 C1(分秧田期防虫网)和 C2(秧田期无防虫网)2 种,共 6 个处理,分别为 P1C1、P1C2、P2C1、P2C2、P3C1、P3C2,完全随机区组设计,3 次重复。

1.2.4 分蘖期氮肥施用试验

本试验采用裂区设计,主处理分 C1(秧田期防虫网)和 C2(秧田期无防虫网)2 种,每种主处理下设 4 种分蘖期氮肥施用水平,分别为:0(CK)、150(N1)、300(N2)、600(N3)kg N/hm^2,共计 8 个处理,分别为 C1CK、C1N1、C1N2、C1N3、C2CK、C2N1、C2N2、C2N3,完全随机区组设计,3 次重复。各处理小区单排单灌,中间设灌排水沟 1 条,小区分设两边,小区之间及小区与排水沟之间筑埂 30 cm 并包膜以防串灌。

1.2.5 抗(耐)水稻黑条矮缩病品种筛选

共选取黄淮区栽植的主要水稻品种 20 个,秧田期不盖防虫网,单株插秧,3 次重复,每个重复排 1 列,共 3 列,每 1 列的 20 个品种均为随机排列,收获期记录小区产量。

1.2.6 水稻黑条矮缩病发病率调查

于水稻分蘖盛期调查各试验处理水稻黑条矮缩病染病病株率,调查方式为完全调查,即实地调查小区内所有稻株,记录发病的病株数。

1.3 数据分析

所有数据经 Excel 2003 处理后,用 SPSS 11.5 进行统计分析,Duncan 氏新复极差法检验差异显著性,不同栽培管理措施下水稻黑条矮缩病的发病率以平均数 ± 标准差表示。采用线性回归分析法分析不同品种水稻黑条矮缩病发病率与稻谷产量的相关性。

2 结果与分析

2.1 秧田期施氮和落谷密度对水稻黑条矮缩病的影响

同一施氮水平下,秧田期播种密度越大,水稻黑条矮缩病发病越重($F_{N1}(2,6) = 0.86$, $P_{N1} = 0.47$; $F_{N2}(2,6) = 1.27$, $P_{N2} = 0.35$; $F_{N3}(2,6) = 0.49$, $P_{N3} = 0.64$)。处理 N1W1 的黑条矮缩病发病率比处理 N1W3 显著低 78.5%;处理 N2W1、N2W2 与 N2W3 两两间均呈显著性差异,处理 N2W1 黑条矮缩病发病率比 N2W3 低 41.7%;处理 N3W1 与 N3W3 亦呈显著性差异(表 1)。表明秧田期落谷密度是影响水稻黑条矮缩病发病的重要因素。

同一落谷密度下,秧田期施氮量愈大,水稻黑条矮缩病发病越重($F_{W1}(2,6) = 3.68$, $P_{W1} = 0.09$; $F_{W2}(2,6) = 1.63$, $P_{W2} = 0.27$; $F_{W3}(2,6) = 0.33$, $P_{W3} = 0.73$)。处理 N1W1 黑条矮缩病发病率显著低于 N3W1 76.6%;处理 N1W2、N2W2 与 N3W2 两两间呈显著性差异,其中处理 N1W2 较 N3W2 黑条矮缩病发病率低 77.7%;处理 N3W3 与 N1W3、N2W3 间均呈显著性差异。表明秧田期氮肥施用量是影响水稻黑条矮缩病发病的重要因素。

表 1　秧田期施氮水平和落谷密度对水稻黑条矮缩病发病率的影响

Table 1　The influence of different seeding densities and nitrogen application levels to the incidence of rice black-streaked dwarf disease　%

落谷密度（kg/hm²） Seeding density	氮肥施用水平 Nitrogen application level（kg N/hm²）		
	150（N1）	375（N2）	750（N3）
300（W1）	1.17 ± 0.24 bB	3.50 ± 0.24 cAB	5.00 ± 1.41 bA
600（W2）	1.67 ± 0.33 bC	4.67 ± 0.00 bB	7.50 ± 0.71 abA
900（W3）	5.44 ± 0.96 aB	6.00 ± 0.58 aB	9.00 ± 0.94 aA

表中数据为平均数 ± 标准差。同列不同小写字母和同行不同大写字母表示经 Duncan 氏新复极差法检验在 $P < 0.05$ 水平差异显著。Data are mean ± SD. Data followed by different lowercase letters in the same column or uppercase letters in the same row indicate significantly different at $P < 0.05$ level by Duncan's new multiple range test.

2.2　不同灌水方式对水稻黑条矮缩病的影响

水稻黑条矮缩病发病最重的是深水处理，其次为浅水处理，发病最轻的是浅湿处理（$F_{C1}(2,6) = 2.67$，$P_{C1} = 0.51$；$F_{C2}(2,6) = 2.47$，$P_{C2} = 0.17$）（表 2）。在秧田期防虫网处理下，浅湿处理的黑条矮缩病发病率显著低于深水处理 70.3%；在无防虫网处理下，浅湿处理的黑条矮缩病发病率分别显著低于深水处理 52.6%、浅水处理 45.4%。说明大田期是水稻黑条矮缩病的感病期，稻苗返青后至抽穗前的灌水方式会影响到水稻黑条矮缩病的发生。

表 2　不同灌水方式对水稻黑条矮缩病发病率的影响

Table 2　The influence of different irrigation modes to the incidence of rice black-streaked dwarf disease　%

灌水方式 Irrigation mode	防虫网处理 Insect-proof nets	
	C1	C2
G1	1.11 ± 0.38 a	2.11 ± 0.51 a
G2	0.55 ± 0.19 ab	1.83 ± 0.24 a
G3	0.33 ± 0.00 b	1.00 ± 0.00 b

表中数据为平均数 ± 标准差。同列不同小写字母表示经 Duncan 氏新复极差法检验在 $P < 0.05$ 水平差异显著。C1：秧田期防虫网；C2：秧田期无防虫网；G1、G2：表示秧苗返青后至抽穗期田面分别保持 50 mm 以上、20 ~ 30 mm 水层；G3：秧苗返青后至抽穗期每次灌水均灌至 20 ~ 30 mm 水层，自然落干后再灌水，始终保持干湿交替状态。Data are mean ± SD. Data followed by different lowercase letters in the same column indicate significantly different at $P < 0.05$ level by Duncan's new multiple range test. C1: Seedling bed period with insect-proof nets; C2: seedling bed period without insect-proof nets; G1, G2: keep 50 mm or 20 – 30 mm above the layer from regreening stage to heading stage; G3: irrigation to 20 – 30 mm layer from regreening stage to heading stage, irrigation again after drying naturally, keep the alternate state between wetting and drying.

2.3　秧田期防虫网处理对水稻黑条矮缩病的影响

3 个易感水稻黑条矮缩病品种在防虫网 2 种处理方式下其发病率均呈显著性差异，其中临稻 18 防虫网处理后发病率降低了 87.6%（$F_{金粳18}(1,4) = 0.00$，$P_{金粳18} = 1.00$；$F_{大粮202}(1,4) = 0.01$，$P_{大粮202} = 0.96$；$F_{临稻18}(1,4) = 3.22$，$P_{临稻18} = 0.15$）（表 3）。说明秧田期防虫网可有效防控水稻黑条矮缩病的发生。

表 3　防虫网处理对水稻黑条矮缩病发病率的影响

Table 3　The influence of insect-proof nets on the incidence of rice black-streaked dwarf disease　%

处理 Treatment	品种 Variety		
	金粳 18 Jinjing 18	大粮 202 Daliang 202	临稻 18 Lindao 18
C1	1.67 ± 0.33 b	0.11 ± 0.19 b	0.11 ± 0.19 b
C2	2.67 ± 0.37 a	0.67 ± 0.00 a	0.89 ± 0.24 a

表中数据为平均数 ± 标准差。同列不同小写字母表示经 Duncan 氏新复极差法检验在 $P < 0.05$ 水平差异显著。C1：秧田期防虫网；C2：秧田期无防虫网。Data are mean ± SD. Data followed by different lowercase letters in the same column indicate significantly different at $P < 0.05$ level by Duncan's new multiple range test. C1: Seedling bed period with insect nets; C2: seedling bed period without insect nets.

2.4 分蘖期氮肥施用对水稻黑条矮缩病发病率的影响

分蘖期氮肥施用量越大,水稻黑条矮缩病发病率越大($F_{C1}(3,8)=0.27$, $P_{C1}=0.84$; $F_{C2}(3,8)=1.48$, $P_{C2}=0.29$)。无防虫网处理下,虽然水稻黑条矮缩病发病率随分蘖期施氮水平的升高而提高,但各处理间未达到显著性差异。而在防虫网处理下,不同施氮水平间水稻黑条矮缩病发病率呈显著性差异,其中对照处理的发病率较处理 N3 低 83.5%(表4)。说明在黄淮稻区,分蘖期氮肥施用水平是影响水稻黑条矮缩病发生的重要因素。

2.5 水稻品种对黑条矮缩病的抗(耐)性及产量性状

不同水稻品种对黑条矮缩病的抗(耐)性呈显著性差异($F_{发病率}(19,40)=1.47$, $P_{发病率}=0.15$; $F_{稻谷产量}(19,40)=1.72$, $P_{稻谷产量}=0.07$)(表5),发

表 4 分蘖期施氮水平对水稻黑条矮缩病发病率的影响

Table 4 The influence of tillering nitrogen application levels to the incidence of rice black-streaked dwarf disease %

施氮水平 (kg N/hm²) Nitrogen level	防虫网处理 Insect-proof nets	
	C1	C2
0 (CK)	0.33 ± 0.24 c	1.89 ± 0.21 a
150 (N1)	0.89 ± 0.19 bc	2.44 ± 0.21 a
300 (N2)	1.33 ± 0.00 b	2.44 ± 0.29 a
600 (N3)	2.00 ± 0.47 a	2.56 ± 0.19 a

表中数据为平均数 ± 标准差。同列不同小写字母表示经 Duncan 氏新复极差法检验在 $P<0.05$ 水平差异显著。C1: 秧田期防虫网; C2: 秧田期无防虫网。Data are mean ± SD. Data followed by different lowercase letters in the same column indicate significantly different at $P<0.05$ level by Duncan's new multiple range test. C1: Seedling bed period with insect-proof nets; C2: seedling bed period without insect-proof nets.

表 5 黄淮区不同品种对水稻黑条矮缩病发病率的影响及产量性状分析

Table 5 The incidence of rice black-streaked dwarf disease and analysis of yield traits for different cultivars in Huanghuai area

品种 Cultivar	发病率 (%) Disease incidence	稻谷产量 (t/hm²) Rice yield
金粳 18 Jinjing 18	2.56 ± 0.47 a	7.42 ± 0.56 c
香粳 9407 Xiangjing 9407	2.22 ± 0.38 ab	4.72 ± 0.54 h
临稻 10 Lindao 10	1.89 ± 0.38 abc	6.93 ± 0.13 cd
临稻 18 Lindao 18	1.78 ± 0.24 abc	5.95 ± 0.16 ef
盐丰 47 Yanfeng 47	1.67 ± 0.33 abcd	3.95 ± 0.22 i
津粳 253 Jinjing 253	1.56 ± 0.00 abcde	5.86 ± 0.28 ef
阳光 600 Yangguang 600	1.56 ± 0.38 abcde	3.66 ± 0.08 i
中稻 1 号 Zhongdao 1	1.33 ± 0.33 bcde	6.92 ± 0.87 cd
大粮 202 Daliang 202	1.22 ± 0.24 bcde	7.21 ± 0.25 c
临稻 19 Lindao 19	1.11 ± 0.19 bcde	5.55 ± 0.57 fg
圣稻 17 Shengdao 17	1.00 ± 0.33 cde	6.61 ± 0.35 cde
圣稻 15 Shengdao 15	1.00 ± 0.58 cde	6.36 ± 0.61 def
临稻 16 Lindao 16	0.89 ± 0.19 cde	5.00 ± 0.07 gh
津稻 263 Jindao 263	0.78 ± 0.27 cde	6.58 ± 0.21 cde
大粮 203 Daliang 203	0.78 ± 0.47 cde	6.89 ± 0.12 cd
新稻 20 Xindao 20*	0.78 ± 0.38 cde	9.10 ± 0.14 a
苏秀 10 号 Suxiu 10*	0.78 ± 0.38 cde	8.33 ± 0.09 b
阳光 200 Yangguang 200	0.56 ± 0.24 de	5.90 ± 0.51 ef
苏秀 867 Suxiu 867	0.56 ± 0.24 de	6.79 ± 0.09 cd
徐稻 3 号 Xudao 3	0.44 ± 0.18 e	6.77 ± 0.41 cd

表中数据为平均数 ± 标准差。同列不同小写字母表示经 Duncan 氏新复极差法检验在 $P<0.05$ 水平差异显著。* 代表该品种在抗病和稻谷产量性状方面均较好。Data are mean ± SD. Data followed by different lowercase letters in the same column indicate significantly different at $P<0.05$ level by Duncan's new multiple range test. Cultivars followed by * are better than the other cultivars at the characters of disease resistance and rice yield.

病较重的品种有金粳 18、香粳 9407、临稻 10 号、临稻 18 等，发病较轻的品种有徐稻 3 号、苏秀 867、阳光 200、苏秀 10 号、新稻 20 等，其中发病最轻的品种徐稻 3 号较发病最重的品种金粳 18 发病率低 82.8%。各品种间稻谷产量差异显著，产量较高的品种有新稻 20、苏秀 10 号、金粳 18、大粮 202 等。抗病性状和产量性状都较好的品种为新稻 20 和苏秀 10 号。

将各水稻品种黑条矮缩病发病率与稻谷产量进行相关性分析，结果表明二者呈负相关关系。其中金粳 18 的发病率虽然最高达到 2.56%，产量仍达 7.42 t/hm^2，使得总体相关不显著，若剔除该数据点，则二者之间呈显著负相关，二者之间的回归可以用直线方程表示：$y = -0.1137x^2 - 1.0018x + 7.6012$，$R^2 = 0.2381$，$r = 0.5136$，$df = 17$，$P < 0.05$。而金粳 18 对水稻黑条矮缩病可能具备较高的耐害性。

3 讨论

有关落谷密度及秧田期施氮水平对水稻黑条矮缩病发生的影响研究较少。本研究结果表明，秧田期落谷密度和氮肥施用水平是影响水稻黑条矮缩病发生的重要因素，落谷密度和氮肥施用量增大，均会加重水稻黑条矮缩病的发生。这可能是因为，落谷密度增大，一方面会导致群体质量变差，通风透光不良，使稻苗抗逆性降低；另一方面落谷密度增大，为灰飞虱提供了良好的寄存场所，利于其繁殖和种群发展。此外，秧田期氮肥施用量增大，不仅造成水稻叶色特别浓绿，易吸引灰飞虱啃食[13]，而且高氮增加了植株质外体和叶表面的氨基酸和酰胺浓度，诱导病原菌孢子萌发，通过降低酚类代谢酶活性使酚含量减少、木质素含量降低，从而减弱植株对病原菌入侵的机械阻碍作用[14]。

杨家珍等[15]研究表明，灌水深度对水稻白叶枯病的发病程度影响显著：湿润灌溉和 2.5 cm 水层加烤田处理发病最轻，水层越深，发病越重。有关灌水深度对水稻黑条矮缩病的发病影响还未有报道。本研究中，灌水方式对水稻黑条矮缩病的发病影响显著：深水处理发病最重，其次为浅水处理，浅湿处理发病最轻，这与杨家珍等[15]对水稻白叶枯病的研究结果一致，他们认为长期淹水土壤中氧气不足妨碍有机物分解，改变了水稻生态条件和生理状态。而本研究中，长期深水处理可能改变了水稻原有的生态条件，稻株生长势弱，导致抗逆性变差，因而更易受到水稻黑条矮缩病毒的侵染。

本研究中秧田期防虫网有效抑制了水稻黑条矮缩病的发生，这与李荣花等[12]的研究结果一致，这是因为防虫网有效减少了秧田期传病虫媒灰飞虱与稻苗的接触机会，降低了水稻的染病机率，表明秧田期盖防虫网是防控水稻黑条矮缩病的有效举措。

本研究中，分蘖期施肥量越大，水稻黑条矮缩病发病机率越大，秧田无防虫网处理下差异不显著，而防虫网处理下差异显著，这是因为无防虫网的处理插秧前已经感病，插秧后二次感病，由于发病基数较大，各处理间发病率未达到显著水平。同时也说明在黄淮稻区，秧田期是水稻黑条矮缩病的主要感染期，分蘖期也是水稻黑条矮缩病的感病期。刘玲玲等[16]研究表明，水稻生育前期氮肥用量过大，会导致群体质量变差，通风透光不良，加重稻瘟病的发生；杨秀娟等[17]经研究也得出了类似的结论；马军韬等[18]、胡立冬等[19]报道稻曲病和纹枯病的发生在一定范围内也与氮肥施用量呈正相关关系，表明氮肥过量施用会加重作物病虫害的危害程度，与本研究结果一致。

本研究的田间测评表明黄淮区不同品种对水稻黑条矮缩病的抗性存在差异，抗病性状和产量性状都较好的品种为新稻 20 和苏秀 10 号，而金粳 18 则可能有较高的耐害性，这 3 个品种可用于以后的抗、耐黑条矮缩病的品种培育，但其详细机制需要进一步研究分析。

秧田期和本田期都是水稻黑条矮缩病的发病期。秧田期落谷量和氮肥施用量、分蘖期氮肥施用量和本田期灌水方式均会影响水稻黑条矮缩病的发生，为了降低该病的危害，应确定适宜的落谷量，并做到合理减施氮肥，抽穗前采取浅湿或浅水灌溉方式，并在分蘖盛期适度晾田。秧田期盖防虫网是防控水稻黑条矮缩病的有效举措。黄淮区抗病性状和产量性状都较好的品种为新稻 20 和苏秀 10 号，而金粳 18 则可能有较高的耐害性，可用于以后的抗、耐黑条矮缩病的品种培育。

参 考 文 献（References）

[1] 陈声祥，张巧艳. 我国水稻黑条矮缩病和玉米粗缩病研究进展. 植物保护学报，2005，32(1)：97－103

[2] 陈峰，朱文银，张洪瑞，等. 山东省水稻黑条矮缩病发病情况及防控对策. 山东农业科学，2009(11)：96－99

[3] 刘芳, 宋英, 包善微, 等. 灰飞虱对抗性粳稻品种稻株挥发物的行为反应及机制. 植物保护学报, 2009, 36(5): 443 – 449

[4] 郑文静, 刘志恒, 张燕之, 等. 水稻的主要养分组成和显微结构对灰飞虱取食选择性的影响. 植物保护学报, 2009, 36(3): 200 – 206

[5] 孙明法, 万林生, 任仲玲, 等. 江苏省不同生育类型水稻品种对黑条矮缩病的抗感差异性. 江苏农业科学, 2010(6): 173 – 176

[6] 张瑞华, 金桂秀, 李相奎, 等. 抗水稻黑条矮缩病品种筛选. 江苏农业科学, 2013, 41(6): 102 – 103

[7] 张瑞华, 金桂秀, 李相奎, 等. 水稻抗黑条矮缩病品种筛选及初步遗传分析. 山东农业科学, 2013, 45(5): 91 – 92

[8] 王宝祥, 江玲, 陈亮明, 等. 水稻黑条矮缩病抗性资源的筛选和抗性 QTL 的定位. 作物学报, 2010, 36(8): 1258 – 1264

[9] 李爱宏, 潘存红, 戴正元, 等. 以标记辅助选择改良江苏主栽粳稻品种“淮稻 5 号”黑条矮缩病抗性. 作物学报, 2012, 38(10): 1775 – 1781

[10] 朱金良, 祝增荣, 周瀛, 等. 水稻播种期对灰飞虱及其传播的条纹叶枯病发生流行的影响. 中国农业科学, 2008, 41(10): 3052 – 3059

[11] 祝增荣, 吴良欢, 吴国强, 等. 水稻覆膜旱作对病虫草害发生程度的影响. 植物保护学报, 2000, 27(4): 295 – 301

[12] 李荣花, 王永军, 罗利, 等. 防虫网在防治水稻黑条矮缩病中的应用效果. 江苏农业科学, 2012, 40(12): 152 – 154

[13] 姚琳, 毛建辉, 何忠全. 不同施肥处理对水稻病虫害和产量的影响. 西南农业学报, 2009, 22(4): 931 – 935

[14] 尹立红, 马志卿, 陈安良, 等. 矿质元素与植物抗病虫草害关系研究进展. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2003, 31(B10): 157 – 161

[15] 杨家珍, 颜启新, 李宪, 等. 灌水深度对水稻白叶枯病发病影响的研究. 安徽农业科学, 1982(1): 43 – 45

[16] 刘玲玲, 彭显龙, 刘元英, 等. 不同氮肥管理条件下钾对寒地水稻抗病性及产量的影响. 中国农业科学, 2008, 41(8): 2258 – 2262

[17] 杨秀娟, 甘林, 阮宏椿, 等. 氮肥对水稻苗 POD、SOD 活性及稻瘟病发生的影响. 福建农林大学学报(自然科学版), 2011, 40(1): 8 – 12

[18] 马军韬, 张国民, 辛爱华, 等. 环境因子对黑龙江省水稻品种抗纹枯病的影响. 中国农学通报, 2010, 26(2): 226 – 229

[19] 胡立冬, 丁朝辉, 郑和平, 等. 不同氮肥施用量对稻曲病发生程度的影响. 现代农业科技, 2010 (17): 167 – 168

(责任编辑:高 峰)