

水稻纹枯病发生与群体物质生产 及产量形成的关系研究

钟旭华¹, 黄农荣¹, 彭少兵², Roland J. Buresh², 田 卡¹

(1. 广东省农业科学院水稻研究所, 广东广州510640; 2. 国际水稻研究所, 菲律宾马尼拉 DAPO 7777 信箱)

摘要: 2005-2007年晚季,以杂交稻为材料,设置6个氮肥处理,进行连续3年的田间试验,研究了纹枯病病情指数(ShBI)与水稻群体物质生产及产量形成的关系。结果表明,不同氮肥处理的ShBI存在显著差异,表现出施氮量越高,纹枯病发生越严重的趋势。同一氮肥水平下,两个供试品种的ShBI也存在显著差异,汕优63的ShBI显著高于博优998。在分蘖中期、穗分化始期、孕穗期和抽穗期,ShBI都与单位面积茎数、单位面积的叶重、茎鞘重和地上部干重呈正相关趋势,而与茎粗及茎叶比呈负相关趋势,其中穗分化始期、孕穗期和抽穗期都达到显著或极显著水平。在同一生育期,ShBI与叶重的相关系数都高于ShBI与茎鞘重的相关系数,表明与茎鞘重相比,叶重与ShBI的关系更密切。ShBI与稻谷产量呈正相关趋势,其中博优998的相关系数3年都达到极显著水平,高产与防病存在一定矛盾。ShBI与有效穗数、每穗粒数呈正相关,而与结实率、千粒重呈负相关或相关不显著。培育茎秆粗壮、茎叶比高的品种,采取栽培措施增加茎粗、提高茎叶比,适当控制穗数和每穗粒数,提高结实率和千粒重,是控病高产的重要技术途径。

关键词: 纹枯病; 茎粗; 茎叶比; 产量形成; 水稻

中图分类号: S511.01 文献标志码: A 文章编号: 1000-2286(2010)05-0901-07

The Relationship between Sheath Blight Occurrence and Dry Matter Production and Yield Formation of Rice (*Oryza sativa* L.)

ZHONG Xu-hua¹, HUANG Nong-rong¹, PENG Shao-bing²,
Roland J. Buresh², TIAN Ka¹

(1. The Rice Research Institute of Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou 510640, China; 2. The International Rice Research Institute, MCPO Box 7777, Philippines)

Abstract: Three field experiments were conducted during 2005-2007 late seasons in Guangdong. Hybrid rice varieties, Shanyou 63 and Boyou 998, were grown under six nitrogen fertilization levels ranged from N 0 ~ 185 kg/hm². Plant samples were taken at key growth stages, i. e., mid-tillering (MT), panicle initiation (PI), booting (BT), and heading (HD). Stem number, stem thickness, dry weight of leaves (WLV), dry

收稿日期: 2010-09-20

基金项目: 国家公益性行业(农业)科研专项(200803030)、广东省水稻产业化推进专项(2007A020400003)、广州市科技攻关引导项目(2006Z3-E0681)和国际水稻研究所(IRRI)合作项目(DPPC 2004-30)

作者简介: 钟旭华(1963—),男,江西赣县人,博士,研究员。1985年毕业于江西农业大学农学系农学专业;1999年博士毕业于中国科学院华南植物研究所,1996—1999年在国际水稻研究所从事博士论文研究2年多,2003年在国际水稻研究所做博士后研究。1991年晋升为讲师,1995年晋升为副教授,1997年晋升为教授,2000年转任研究员。从事水稻生理生态和栽培研究,在《Journal of Plant Nutrition》、《Journal of Agricultural Science (Camb.)》、《中国农业科学》等国内外刊物上发表论文80多篇;现主持国家自然科学基金、国家外专局引智成果示范推广项目等课题;获省级科技进步二等奖2项、三等奖3项,2009年被授予“广东省农业科技推广标兵”称号, E-mail: xzhong8@163.com。

weight of stems, sheath and panicles (if any) (WST), and total aboveground dry weight (TDW) were measured. Yield and yield components were measured at harvest. Disease severity of sheath blight (ShBI) caused by *Rhizoctonia solani* was investigated 15 days after heading. There were significant differences in ShBI among N treatments, with greater ShBI for treatments with higher N input. Significant differences were also observed between two tested varieties. Shanyou 63 always had greater ShBI than Boyou 998 at all N levels except for zero-N level. The ShBI was positively and significantly ($P < 0.05$) correlated with stem number, WLW, WST, and TDW, and negatively and significantly ($P < 0.05$) correlated with stem thickness and stem-to-leaf ratio at PI, BT and HD, respectively. The correlation coefficient between ShBI and WLW was always greater than that between ShBI and WST at different growth stages in this study. Significant and positive correlations between ShBI and grain yield were observed for Boyou 998 in all three years. Among the four yield components, ShBI had highly significant positive correlation with number of panicles per m^2 and number of spikelets per panicle, but negative or non-significant correlations with filled grain percentage and 1000-grain weight. These results suggest that varieties with fewer and thicker stems and higher stem-to-leaf ratio should be bred to achieve both high yield and low sheath blight occurrence. At a certain yield level, plant populations with fewer panicles per m^2 , fewer spikelets per panicle and better grain filling may have lower sheath blight occurrence.

Key words: sheath blight (*Rhizoctonia solani*); stem thickness; stem-to-leaf ratio; yield formation; rice (*Oryza sativa*)

水稻是我国最重要的粮食作物。由于人口增长和耕地减少,提高单产成为保障稻米供给的主要途径。在如何提高水稻单产方面,人们从物质生产、源库特性以及养分管理等方面,开展了大量研究^[1-3]。随着产量水平的提高,水稻群体也更加繁茂,病虫害加重,被迫使用更多农药,农药残留超标现象时有发生,影响稻米的食用安全性^[4]。特别是华南地区高温多湿,病虫害更为严重^[5]。如何协调高产与防病的关系,实现安全高效生产,日益受到重视。纹枯病是水稻的重要病害,特别是在高产条件下为害更为严重。虽然近年来陆续发现一些纹枯病抗源^[6-8],或通过转基因手段育成较抗纹枯病的品系^[9],但至今未找到免疫抗源,抗病育种进展迟缓^[10]。在生物防治方面,陈志谊等^[11]育成纹枯病拮抗菌 B-916,任小平等^[12]尝试用铜绿假单胞菌 ZJ1999 防治纹枯病,取得了较好效果,但未能大面积推广应用。目前,纹枯病的防治仍然主要依靠药剂防治和改善栽培管理^[13]。

目前,关于纹枯病发生与水稻群体物质生产及产量形成的关系,国内外都少有研究,而弄清这个问题是协调高产与防病二者关系的前提。已有研究表明,分蘖过多,叶面积指数太大,叶片含氮量高,有利于纹枯病的发生^[14-16]。韩月澎等^[17]认为,植株松紧度与纹枯病病级显著或极显著正相关。笔者研究了纹枯病发生与水稻群体指标的关系,发现纹枯病病情指数与穗分化始期茎蘖数、叶绿素含量、抽穗期茎蘖数、叶面积指数及叶绿素含量呈显著正相关,而与群体透光率呈显著负相关^[18]。Tang 等^[19]则指出,适当增加株高,控制分蘖,可以减少纹枯病的发生。本研究的目的是,探讨纹枯病发生与水稻物质生产及产量形成的关系,以期制订合理的栽培管理措施,协调高产与少病的矛盾,实现高产高效提供理论和技术依据。

1 材料与方法

1.1 材料种植与处理设计

试验于 2005-2007 年晚季进行,连续 3 年。2005 年试验在广东省新兴县太平镇罗陈村农户稻田进行,土壤肥力中等偏上。采用裂区设计,以氮肥处理为主区,品种为副区。供试品种为汕优 63 和博优 998,均为三系杂交稻。设 6 个氮肥处理,重复 4 次,共 48 小区。汕优 63 于 7 月 10 日播种,博优 998 于 7 月 15 日播种,均于 7 月 28 日移栽。2006-2007 年试验在广东省农业科学院白云试验基地(广州市白云区钟落潭镇)进行,土壤肥力中等。供试品种为博优 998。采用随机区组设计,设置 6 个氮肥处理,重复 4 次,共 24 小区。2006 年于 7 月 15 日播种,8 月 4 日移栽,2007 年于 7 月 18 日播种,8 月 7 日移栽。3 年的栽插规格均为 20 cm × 20 cm,每穴 1 苗,小区面积 24 m^2 。

氮肥处理如下: T₁ 不施氮肥, T₂ 为实地施肥法, 基肥施氮(N) 50 kg/hm², 追肥用量根据叶片的叶绿素含量(SPAD) 确定。每次施氮肥前, 每小区随机选取 5 穴, 用 SPAD-502 叶绿素仪(日本产) 测定最上完全展开叶的叶绿素含量, 用 SPAD 值表示, 计算平均数。在分蘖中期, 若 SPAD < 36(博优 998) 或 SPAD < 35(汕优 63), 施氮(N) 40 kg/hm², 若 SPAD > 38(博优 998) 或 SPAD > 37(汕优 63), 施氮(N) 20 kg/hm², 若 SPAD 介于 36~38(博优 998) 或 35~37(汕优 63) 之间, 施氮(N) 30 kg/hm²; 在幼穗分化始期, 若 SPAD < 36(博优 998) 或 SPAD < 35(汕优 63), 施氮(N) 50 kg/hm², 若 SPAD > 38(博优 998) 或 SPAD > 37(汕优 63), 施氮(N) 30 kg/hm², 若 SPAD 介于 36~38(博优 998) 或 35~37(汕优 63) 之间, 施氮(N) 40 kg/hm²; 在抽穗期, 若 SPAD ≤ 38(博优 998) 或 SPAD ≤ 37(汕优 63), 施氮(N) 20 kg/hm², 否则不施氮。T₃~T₆ 为实时施肥法, 基肥施氮(N) 50 kg/hm², 移栽后 10 d 第 1 次测定最上完全展开叶的叶绿素含量(SPAD), 以后每周测定 1 次。若 SPAD 平均值小于临界值则施氮, 否则不施氮。T₃、T₄、T₅ 和 T₆ 的 SPAD 临界值分别为 34、36、38 和 40, 每次施氮量(N) 分别为 30、35、40 和 45 kg/hm²。不同处理各年份的施氮情况如表 1 和表 2, 总施氮量(N) 介于 80~185 kg/hm² 之间。

表 1 不同处理的施氮量(广东新兴 2005)

Tab. 1 Fertilizer - N applied in the experiment conducted in 2005 at Xinxing

kg/hm²

品种 Variety	处理 Treatment	移栽后天数 Days after transplanting					小计 Total
		0	15	29	36	48	
汕优 63 Shanyou63	T ₁						0
	T ₂	50	20		50		120
	T ₃	50			30		80
	T ₄	50		35			85
	T ₅	50		40	40		130
	T ₆	50	45	45	45		185
博优 998 Boyoyou998	T ₁						0
	T ₂	50	20		50		120
	T ₃	50			30		80
	T ₄	50			35	35	120
	T ₅	50		40	40		130
	T ₆	50	45	45	45		185

表 2 不同处理的施氮量(广东广州 2006-2007)

Tab. 2 Fertilizer - N applied in the field experiments conducted in 2006 - 2007 at Guangzhou

kg/hm²

年份 Year	处理 Treatment	移栽后时间/d Days after transplanting					小计 Total
		0	17	32	39		
2006	T ₁						0
	T ₂	50	30	40			120
	T ₃	50			30		80
	T ₄	50		35			85
	T ₅	50	40	40			130
	T ₆	50	45	45	45		185
		移栽后时间/d Days after transplanting					
		0	16	23	29	37	45
2007	T ₁						0
	T ₂	50	20			50	120
	T ₃	50				30	80
	T ₄	50		35			120
	T ₅	50		40			130
	T ₆	50	45	45		45	185

品种为博优 998。Variety used was Boyoyou998。

除氮肥外,各处理(包括 T₁) 统一施磷(P) 40 kg/hm²(用过磷酸钙)、钾(K) 50 kg/hm²(用氯化钾)和锌(Zn) 5 kg/hm²(用七水硫酸锌),磷肥和锌肥全部作基肥,钾肥一半作基肥,另一半在幼穗分化期施用。治虫不治病,整个生育期不施用杀菌剂。其它同一般高产田管理。

1.2 调查、取样和测定

叶片、茎鞘和地上部干重:每小区随机取样 12 穴,洗净,数计茎数(包括主茎和分蘖),测定株高,剪去根,分为叶片和茎鞘(茎+叶鞘+穗)两个部分,105 °C 下杀青 15 min,然后在 80 °C 下烘干至恒重,分别称取叶重和茎鞘重,计算地上部干重,单位 g/m²。

茎叶比:为茎鞘重与叶重的比值。茎粗:用单位株高的单茎茎鞘重表示,即茎粗 = 单位面积茎鞘重 / (株高 × 单位面积茎数),单位 g/m。

纹枯病病情指数(ShBI):采用成国英等^[20]的方法,略有修改,在抽穗后(15 ± 1) d 调查测定^[18]。每小区调查 100 穴,记录不同发病级别的穴数,0 级为无病(n₁),1 级为倒 4 叶及以下发病(n₂),2 级为倒 3 叶及以下发病(n₃),3 级为倒 2 叶及以下发病(n₄),4 级为剑叶及以下发病(n₅),病情指数按下式计算: $ShBI = (n_2 + 2n_3 + 3n_4 + 4n_5) / [4 \times (n_1 + n_2 + n_3 + n_4 + n_5)] \times 100\%$ 。

产量及其构成因素:成熟期,调查有效穗数,每小区随机取样 12 穴考种。每小区实收 5 m²,晒干扬净,称重,测水分,折算成含水量 14% 的产量。

1.3 统计分析

采用 Microsoft Excel 处理数据和作图,用 Statistix 8.0 进行方差分析、相关分析和回归分析。

2 结果与分析

2.1 不同施氮处理对水稻纹枯病病情指数的影响

由图 1 可见,不同施氮处理的纹枯病病情指数相差很大。2005 年不同处理的纹枯病病情指数从不到 50% 到 90% 以上,2006 和 2007 年纹枯病病情指数的变化范围分别为 12.7% ~ 41.3% 和 27.6% ~ 40.9%。方差分析表明,不同施氮处理的纹枯病病情指数差异,三年都达极显著水平(P < 0.000 1)。三年中都以施氮量最高的 T₆ 处理病情指数最大,而以不施氮的 T₁ 处理的病情指数最小。2005 年,两个品种的纹枯病病情指数也存在显著差异,汕优 63(平均病情指数 79.25) 显著高于博优 998(平均 71.80) (P < 0.000 1)。

2.2 纹枯病发生与水稻群体物质生产的关系

2.2.1 纹枯病病情指数与茎数及茎粗的关系

由表 3 可见,纹枯病病情指数与各主要生育期的茎数都呈显著或极显著正相关,仅 2006 年的分蘖中期例外。这与我们以前采用两系法杂交稻粤杂 122 所得到的结果一致^[18]。纹枯病病情指数与茎粗则呈负相关趋势,其中穗分化始期、孕穗期和抽穗期都达到显著或极显著水平。可见,减少无效分蘖,适当控制茎数,增加茎粗,有减少纹枯病发生的趋势。

2.2.2 纹枯病病情指数与地上部干重及茎叶比的关系 由表 4 可见,纹枯病病情指数与叶重、茎鞘重及地上部干重都呈正相关趋势。纹枯病病情指数与各主要生育期的地上部干重都呈显著或极显著正相关,仅 2006 年分蘖中期未达到显著水平。两者的相关系数有随着生育进程而提高的趋势,即二者在生

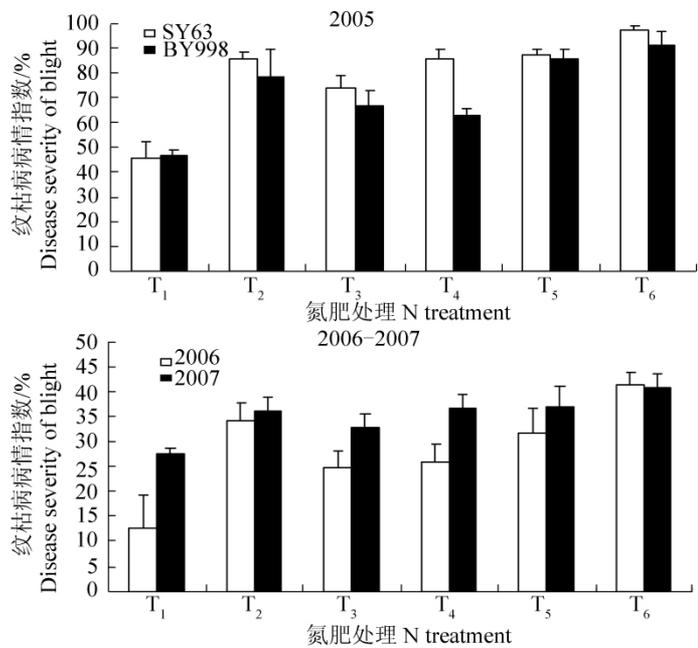


图 1 不同施氮处理的纹枯病病情指数

Fig. 1 Disease severity of sheath blight under different N treatments

表 3 纹枯病病情指数与茎数及茎粗的相关系数 (n = 24)
 Tab.3 Correlation coefficients between disease severity of sheath blight and stem number and stem thickness at key growth stages (n = 24)

性状 Trait	年份 Year	品种 Variety	生育期 Growth stage			
			分蘖中期 MT	穗分化始期 PI	孕穗期 BT	抽穗期 HD
茎数 Stem number	2005	SY63	0.788**	0.872**	0.787**	0.598**
		BY998	0.498*	0.780**	0.771**	0.732**
	2006	BY998	0.380	0.759**	0.775**	0.753**
		BY998	0.471*	0.769**	0.773**	0.911**
茎粗 Stem thickness	2005	SY63	-0.659**	-0.452*	-0.817**	-0.439*
		BY998	0.302	-0.583**	-0.784**	-0.661**
	2006	BY998	-0.216	-0.746**	-0.662**	-0.591**
		BY998	-0.181	-0.660**	-0.778**	-0.562**

MT: mid-tillering, PI: panicle initiation, BT: booting, HD: heading.

表 4 纹枯病病情指数与地上部干重及茎叶比的相关系数(n = 24)
 Tab.4 Correlation coefficients between disease severity of sheath blight and aboveground dry weight and stem-to-leaf ratio at key growth stages(n = 24)

性状 Trait	年份 Year	品种 Variety	生育期 Growth stage			
			分蘖中期 MT	穗分化始期 PI	孕穗期 BT	抽穗期 HD
叶重 Dry weight of leaves	2005	SY63	0.735**	0.902**	0.935**	0.915**
		BY998	0.583**	0.915**	0.897**	0.877**
	2006	BY998	0.351	0.737**	0.893**	0.666**
		BY998	0.610**	0.812**	0.817**	0.889**
茎鞘重 Dry weight of stems and sheath	2005	SY63	0.697**	0.622**	0.621**	0.796**
		BY998	0.571**	0.454*	0.629**	0.748**
	2006	BY998	0.333	0.598**	0.542**	0.660**
		BY998	0.340	0.386	0.614**	0.768**
地上部总干重 Total above ground dry weight	2005	SY63	0.736**	0.824**	0.859**	0.876**
		BY998	0.583**	0.763**	0.813**	0.821**
	2006	BY998	0.349	0.684**	0.737**	0.722**
		BY998	0.591**	0.739**	0.758**	0.842**
茎叶比 Stem-to- leaf ratio	2005	SY63	-0.585**	-0.726**	-0.923**	-0.852**
		BY998	-0.330	-0.759**	-0.891**	-0.868**
	2006	BY998	-0.167	-0.713**	-0.904**	-0.494*
		BY998	-0.422*	-0.791**	-0.782**	-0.762**

MT: mid-tillering, PI: panicle initiation, BT: booting, HD: heading.

育中、后期的相关性比前期更紧密。可见,在减少纹枯病发生与提高物质生产量之间确实存在一定矛盾。

比较相关系数的大小可见,纹枯病病情指数(ShBI)与叶重的相关系数总是比纹枯病病情指数与茎鞘重的相关系数高(表4),即叶重比茎鞘重与纹枯病发生的关系更密切。若以纹枯病病情指数为因变量,以分蘖中期(MT)、穗分化始期(PI)、孕穗期(BT)和抽穗期(HD)的叶重(WLV)和茎鞘重(WST)为自变量,以P=0.05为变量入选和剔除的条件,进行逐步回归分析,结果2005年汕优63的入选变量为孕穗期叶重(WLVBT)和穗分化始期叶重(WLVPI),博优998的入选变量为穗分化始期叶重(WLVPI),2006年入选变量为孕穗期叶重(WLVBT)2007年入选变量为抽穗期叶重(WLVHD)其回归方程分别为:

$$2005 \text{ 年汕优 } 63: \text{ShBI} = 14.3 + 0.24 \text{ WLVBT} + 0.164 \text{ WLVPI}, R^2 = 0.896;$$

2005 年博优 998: $ShBI = 17.3 + 0.476 WLVPI, R^2 = 0.838$;

2006 年: $ShBI = -6.5 + 0.197 WLVBT, R^2 = 0.798$;

2007 年: $ShBI = 19.5 + 0.109 WLVHD, R^2 = 0.790$ 。

由上可见,入选的变量全部是叶重,茎鞘重都不入选。分蘖中期的叶重也不入选。即使将入选条件放宽为 $P = 0.15$,各生育期的茎鞘重也仍不入选。可见叶重对纹枯病发生的影响远大于茎鞘重。在地上部干重一定的情况下,适当减少叶重,增加茎鞘重,可以减少纹枯病的发生。

由表 4 还可看出,纹枯病病情指数与不同生育期的茎叶比都呈负相关趋势,其中穗分化始期、孕穗期和抽穗期都达到显著或极显著水平,表明提高茎叶比有利于减少纹枯病的发生。

2.3 纹枯病发生与水稻产量及其构成因素的关系

由表 5 可见,纹枯病病情指数与水稻产量呈正相关趋势,其中博优 998 在 3 年中都达到极显著水平。可见,提高产量与减少纹枯病发生,二者确实存在矛盾。在产量构成因素中,有效穗、穗粒数与纹枯病病情指数呈正相关,除 2007 年穗粒数外,都达到显著或极显著水平。结实率和千粒重则一般与纹枯病病情指数呈负相关趋势(2007 年结实率例外)。将有效穗与穗粒数相乘,得到单位面积总颖花数;将结实率与千粒重相乘,得到子粒充实度。相关分析表明,单位面积总颖花数与纹枯病病情指数的相关系数全部达到极显著水平,而子粒充实度与纹枯病病情指数的相关系数,2005 年两个品种均为极显著负相关,2006 和 2007 年则相关性不显著。可见,有利于扩大库容量的措施,可能加重纹枯病发生,而有利于促进子粒灌浆充实的措施,则对纹枯病发生影响不大,甚至减少纹枯病的发生。

表 5 纹枯病病情指数与水稻产量及其构成因素的相关系数($n = 24$)

Tab. 5 Correlation coefficients between disease severity of sheath blight and grain yield and yield components($n = 24$)

年份 Year	品种 Variety	产量 Grain yield	单位面积有效穗 No. of panicles	每穗总粒数 No. of spikelets per panicle	结实率/% Filled grain	千粒重 1000 - grain weight	单位面积总颖花数 No. of spikelets per	子粒充实度 Filling degree
2005	SY63	0.105	0.405*	0.819**	-0.557**	-0.338	0.781**	-0.549**
	BY998	0.555**	0.709**	0.811**	-0.549**	-0.767**	0.826**	-0.671**
2006	BY998	0.828**	0.854**	0.569**	0.010	-0.373	0.880**	-0.081
2007	BY998	0.788**	0.911**	0.168	0.436*	-0.226	0.769**	0.345

3 小结和讨论

研究表明,水稻纹枯病病情指数与地上部干重呈显著或极显著正相关,与稻谷产量也呈正相关趋势,表明水稻的高产与防病之间确实存在一定矛盾。值得庆幸的是,4 个产量构成因素与纹枯病病情指数的关系存在明显差异。有效穗和穗粒数与纹枯病病情指数呈正相关,而结实率和千粒重则与纹枯病病情指数相关不显著甚至呈负相关。这就为我们协调高产与防病的矛盾提供了可能。从本试验结果来看,以增穗增粒、扩大库容的途径增产,很可能导致纹枯病加重;而以提高结实率和千粒重,增加子粒充实度的途径增产,则不仅不会增加纹枯病发生,甚至可能减少纹枯病的为害。这一结果可供水稻控病高产栽培参考。

研究表明,水稻纹枯病病情指数与单位面积茎数呈显著正相关,这一结果与笔者采用两系法杂交稻所得的结果一致^[18]。Tang 等^[19]在菲律宾的研究发现,分蘖多的品种纹枯病发病也重,本试验结果支持了这一结论。相关分析表明,纹枯病病情指数与茎粗呈显著负相关。据此可以推论,有利于增加茎粗的措施,可能减少纹枯病的发生。笔者以往的研究发现,水稻实地施肥法(SSNM)的茎秆比较粗,其纹枯病发生也较轻^[21],较粗的茎秆似不利于纹枯病的发生。控制茎数,增加茎粗,可能有利于减少纹枯病的发生,其内在机理值得进一步研究。

地上部干重由叶重和茎鞘重(穗分化以后还有穗)组成。研究表明,纹枯病病情指数与叶重、茎鞘重及地上部干重都呈正相关。但是,三者相关的紧密程度是不一样的。叶重与纹枯病病情指数的关系最密切,其次为地上部干重,而茎鞘重最不密切(表 4)。逐步回归分析也证明叶重比茎鞘重对纹枯病病情指数的影响大。另一方面,纹枯病病情指数与茎叶比则呈负相关(表 4)。可见,在地上部干重一定的情况下,适当增加茎鞘重,减少叶重,可望在达到同样(生物)产量的情况下,减少纹枯病的发生。在育

种上,若能选育茎叶比较高的品种,可望在保持高产的同时,减少纹枯病的发生,进而减少农药用量。在栽培上,如何在保持较高生物量的同时,增加茎粗,提高茎叶比,是控病高产栽培值得深入研究的问题。

参考文献:

- [1]凌启鸿,张洪程,苏祖芳,等. 稻作新理论——水稻叶龄模式[M]. 北京: 科学出版社, 1994.
- [2]蒋彭炎主编. 水稻三高一稳栽培法论丛[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1993.
- [3]凌启鸿. 作物群体质量[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2005.
- [4]朱智伟. 当前我国稻米品质状况分析[J]. 中国稻米, 2006, 13(1): 1-4.
- [5]广东省农业科学院植保所. 珠江三角洲稻区水稻主要病虫害综合治理研究进展[J]. 广东农业科学, 1994(5): 33-36.
- [6]向珣朝,王世全,何立斌,等. 一个高抗水稻纹枯病突变体的发现及其遗传特性的初步分析[J]. 作物学报, 2005, 31(9): 1236-1238.
- [7]陈宗祥,邹军煌,徐敬友,等. 对水稻纹枯病抗源的初步研究[J]. 中国水稻科学, 2000, 14(1): 15-18.
- [8]袁筱萍,魏兴华,余汉勇,等. 不同品种及有关外因对水稻纹枯病抗性的影响[J]. 作物学报, 2004, 30(8): 768-773.
- [9]袁红旭,许新萍,张建中,等. 转几丁质酶基因(RC24)水稻中大2号抗纹枯病特性研究[J]. 中国水稻科学, 2004, 18(1): 39-42.
- [10]潘学彪,陈宗祥,张亚芳,等. 水稻抗纹枯病育种成效的初步评价[J]. 中国水稻科学, 2001, 15(3): 218-220.
- [11]陈志谊,刘荣,刘永锋. 水稻纹枯病拮抗细菌B-916的选育[J]. 中国生物防治, 2003, 19(1): 15-16.
- [12]任小平,谢关林,王笑. 铜绿假单胞菌ZJ1999对水稻纹枯病的防治及其在水稻上的定殖[J]. 中国生物防治, 2006, 22(1): 54-57.
- [13]Slaton N A, Cartwright R D, Meng J, et al. Sheath blight severity and rice yield as affected by nitrogen fertilizer rate, application method, and fungicide[J]. Agron J, 2003, 95: 1489-1496.
- [14]Savary S, Castilla N P, Willocquet L. Analysis of the spatiotemporal structure of rice sheath blight epidemics in a farmer's field[J]. Plant Pathology, 2001, 50: 53-68.
- [15]Castilla N P, Leano R M, Elazegui F A, et al. Effects of plant contact, inoculation pattern, leaf wetness regime, and nitrogen supply on inoculum efficiency in rice sheath blight[J]. J Phytopathology, 1996, 144: 187-192.
- [16]Cu R M, Mew T W, Cassman K G, et al. Effect of sheath blight on yield in tropical, intensive rice production system[J]. Plant Disease, 1996, 80: 1103-1108.
- [17]Han Y P, Xing Y Z, Gu S L, et al. Effect of morphological traits on sheath blight resistance in rice[J]. Acta Botanica Sinica, 2003, 45(7): 825-831.
- [18]钟旭华,彭少兵, Roland J. Buresh, 等. 影响杂交水稻纹枯病发生的若干植株群体指标[J]. 中国水稻科学, 2006, 20(5): 535-542.
- [19]Tang Q Y, Peng S B, Buresh R J, et al. Rice varietal difference in sheath blight development and its association with yield loss at different levels of N fertilization[J]. Field Crops Res, 2007, 102: 219-227.
- [20]成国英,张国安,张才德,等. 早稻品种对水稻纹枯病的抗性评比[J]. 华中农业大学学报, 2000, 19(6): 547-549.
- [21]钟旭华,郑海波,黄农荣,等. 实地养分管理技术(SSNM)在华南双季早稻的应用效果[J]. 中国稻米, 2006, 13(3): 30-32, 36.