

小麦品种混种对条锈病发生程度的影响

陈企村^{1,2},朱有勇²,李振岐¹,唐永生³,康振生¹

(1 西北农林科技大学 植物保护学院,陕西 杨凌 712100;2 云南农业大学 教育部农业生物多样性与病虫害控制重点实验室,
云南 昆明 650201;3 云南省曲靖市农科所,云南 曲靖 655000)

【摘 要】 【目的】为生产上应用品种混种防治小麦条锈病提供依据。【方法】于 2003~2004 年和 2004~2005 年在田间自然发病条件下,比较了繁 19、引 11-12、川麦 107、靖麦 10 号、青春 55、46548-3 和安 96-8 这 7 个小麦品种单种,及在感病品种繁 19 的基础上依次加入上述其余 6 个品种分别形成组分为 2~7 的小麦品种混种群体后,条锈病的发生程度。【结果】不同小麦品种混种的条锈病病情指数与其组分单种病情指数的平均数相比,平均减少 57.7%,减少幅度为 37.2%~72.2%。在 2003~2004 年,不同小麦品种混种群体的条锈病病害防治效应显著性都不高,但在 2004~2005 年,包含 4、6、7 个组分的小麦品种混种群体的条锈病病害防治效应均为显著($P<0.05$),包含 3、5 个组分的小麦品种混种群体的条锈病病害防治效应也比较显著($P<0.10$)。对于 2005 年试验资料作进一步分析发现,小麦品种混种群体的条锈病病害防治效应,有随组分数目的增加而提高的趋势。【结论】利用品种混种可以使小麦条锈病的病情指数降至一定程度。

【关键词】 品种混种;小麦条锈病;组分数目;品种多样性

【中图分类号】 S435.121.4⁺2 【文献标识码】 A 【文章编号】 1671-9387(2008)05-0119-05

Effect of wheat cultivar mixtures on severity of stripe rust

CHEN Qi-cun^{1,2}, ZHU You-yong², LI Zhen-qi¹, TANG Yong-sheng³, KANG Zhen-sheng¹

(1 College of Plant Protection, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2 The Ministry of Education Key Laboratory for Agricultural Biodiversity and Pest Management, Yunnan Agricultural University, Kunming, Yunnan 650201, China; 3 Qujing Institute of Agricultural Sciences, Qujing, Yunnan 655000, China)

Abstract: 【Objective】 The study was to offer basis for the use of cultivar mixtures for control of wheat stripe rust in commercial production. 【Method】 Disease indexes of stripe rust (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) in seven wheat cultivars-including Fan19, Yin11-12, Chuanmai107, Jingmai10, Qingchun55, 46548-3 and An96-8-in monoculture and their six mixtures of 2-7 components formed by adding in turn Yin11-12, Chuanmai107, Jingmai10, Qingchun55, 46548-3 and An96-8 on the base of susceptible Fan19 were compared in natural infection of the pathogen in 2003—2004 and 2004—2005 respectively. 【Result】 The decrease in disease index of stripe rust in wheat mixtures over their component means was 57.7% on average, ranging from 37.2% to 72.2%. No significant difference between expected and observed disease indexes at $P=0.10$ level of probability was observed for the six mixtures in 2003—2004; however, this significant difference observed from five out of the six mixtures in 2004—2005, especially for 4-component, 6-component and 7-component mixtures. Further studies on data collected in the second trial year showed

* [收稿日期] 2007-12-07
[基金项目] 国家“973”计划项目(200611D100203);国家“十一五”科技支撑计划项目(2006BAD08A05);教育部长江学者和创新团队发展计划项目(IRT0558);高等学校学科创新引智计划项目(B07049)
[作者简介] 陈企村(1964—),男,宁夏中卫人,在读博士,主要从事禾谷类作物病害防治研究。E-mail: chenqicun1227@163.com
[通讯作者] 朱有勇(1954—),男,云南个旧人,教授,博士生导师,主要从事植物病理学及生物多样性研究。
E-mail: yyp1@public.km.yn.cn

that there was a trend towards greater mixture effect on disease from increased number of components.

【Conclusion】Cultivar mixtures proved to be used for controlling stripe rust in wheat to some degree.

Key words: cultivar mixture;*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*;component number;variety diversity

利用作物种内异质性群体防治作物病害,有多系品种和品种混种 2 种形式。严格意义上的多系品种,其组分与组分之间只是抗病性基因不同,但在农艺性状上具有相同的表型;而品种混种的组分在包括抗病性在内的许多性状上都可以不同。因此,用于作物病害防治的种内异质性群体,实际上是一个连续的系列,在两极端之间存在着许多中间类型。在病害防治上,虽然对多系品种的研究和应用都较早,但是品种混种由于具有组分来源丰富、操作简单、对育种工作没有特殊要求、可兼治 2 种不同病害以及缓冲其他环境压力等优点,而具有较大的实用价值^[1-2]。

国内外研究表明,利用品种混种可有效控制许多禾谷类作物的白粉病和锈病以及稻瘟病危害^[3-5],其主要机制包括:在品种混种群体中,感病植株数目减少;居于感病植株间的抗病植株所提供的屏障作用;由非致病性孢子引起的诱导抗病性,使致病性孢子在同一部位不能正常侵染或繁殖,其中感病植株数目的减少是最重要的机制^[6]。但是,由于品种混种群体的组成不同、外来接种物的干扰、流行病的强度以及常为混种试验所使用的人工接种方法等因素的影响,品种混种的病害防治效应有很大变化^[1,3]。例如在小麦条锈病研究中,品种混种减少病害的幅度从 13%到 97%不等^[7]。此外,品种混种的组分数目和病害防治效应的关系问题,迄今研究很少。如果品种混种的病害防治效应对品种混种中感病组分的频率有依赖关系^[8-10],那么增加组分数目应当能够提高品种混种的病害防治效应。

本研究在自然发病条件下,研究了小麦品种混种对条锈病发生程度的影响,并探讨通过增加组分数目来增加品种多样性以提高品种混种的病害防治效应的问题,以期在生产上应用品种混种方法防治小麦条锈病提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2003~2004 年和 2004~2005 年在云南省曲靖市农科所育种基地(经纬度为 103°40'E、25°30'N,海拔高度 1 862.5 m,年均气温 14℃,年均降雨量 1 109.5 mm)进行。基地周围少有小麦,基地

内种有大麦和一些经济作物,土壤肥力中等。

1.2 试验设计

试验按 4 重复随机区组设计,包括 13 个处理即小麦群体,其中包括 7 个小麦品种(系)的单种群体和 6 个由这些材料组合而成的混种群体。试验品种分别为繁 19、引 11-12、川麦 107、靖麦 10 号、青春 55、46548-3、安 96-8,其中,引 11-12、靖麦 10 号、46548-3 和安 96-8 属于白粒硬质冬小麦,川麦 107 为白粒半硬质冬小麦,繁 19 为红粒软质冬小麦,青春 55 属于红粒硬质春小麦。各品种的株高及其在当地自然诱发条件下对条锈病的抗性见表 1。在感病品种繁 19 的基础上,依次加入引 11-12、川麦 107、靖麦 10 号、青春 55、46548-3 和安 96-8,分别形成包含 2,3,4,5,6 和 7 个组分的品种混种群体。各品种混种都根据组分品种的发芽率和千粒重进行相等有效粒数混种(种子用量按每公顷播种能发芽种子 300 万粒计算),各有关组分种子充分混匀后称种到行,进行小区播种。

表 1 供试小麦品种的相对株高及其对条锈病的抗性
Table 1 Relative height of wheat cultivars used and their resistance to stripe rust

品种 Cultivar	相对株高/% Relative height	病害抗性 Disease resistance
繁 19 Fan19	92	S
引 11-12 Yin11-12	102	R
川麦 107 Chuanmail07	97	S
靖麦 10 号 Jingmail0	120	R
青春 55 Qingchun55	101	R
46548-3	93	R
安 96-8 An96-8	97	R

注:相对株高为各品种的株高与所有供试品种株高平均数的百分比;病害抗性是指在当地自然诱发条件下的抗条锈性,S 表示感病,R 表示抗病。

Note: Each relative height expressed as percent height relative to the mean of all cultivars used;Disease resistance indicates the resistance to local pathogen population of stripe rust in wheat;S,susceptible;R,resistant.

试验小区长 5 m、宽 3 m,每区条播小麦 10 行,小区之间留有 0.5 m 空距,四周种植大麦和小麦抗病品种。2003~2004 年播种期为 10-29,2004~2005 年为 10-19。田间管理与当地大田常规管理相同。整个试验期间,不使用任何杀真菌剂,任由病害自然发展。

1.3 病害调查及其方法

病害调查在小麦收获前 1 个月(4 月上旬末)进行。为减少小区干扰,取样限制在小区中央 8 m² 以内,在此范围内每小区取 5 点,每点 10 株,对每 1 株的旗叶及旗叶下第 1 叶和第 2 叶进行调查,记载发病的叶片数和每 1 叶片上的病情严重度,然后计算病情指数(病叶率×平均严重度×100%)。在混种小区,根据组分品种的形态特征保证对各组分的取样株数大体相等。在 2003~2004 年,由于整个试验区病害轻而只调查了旗叶和旗叶下第 1 叶的发病情况。为减少调查时的误差,对病情严重度的估计由 1 人进行。

1.4 数据处理

数据分析在江苏水稻研究所 DPS 统计分析软件包上完成。不同小麦群体病情指数间的差异,在方差分析的基础上,用最小显著差数法进行显著性检验;为保证方差的齐性,对数据进行($X+0.5$)的平方根转换。品种混种的病害防治效应用下式表

表 2 2003~2005 年小麦品种单种和混种群体的条锈病病情指数

小麦群体 Wheat population	2003~2004 年 2003—2004		2004~2005 年 2004—2005	
	病情指数/% Disease index	概率值 P value	病情指数/% Disease index	概率值 P value
繁 19 (1) Fan19 (1)	15.36		31.60	
引 11-12 (2) Yin11-12 (2)	0.00		0.07	
川麦 107 (3) Chuanmail07 (3)	4.45		5.31	
靖麦 10 号 (4) Jingmail0 (4)	0.95		2.64	
青春 55 (5) Qingchun55 (5)	0.00		0.01	
46548-3 (6)	0.01		0.04	
安 96-8 (7) An96-8 (7)	0.02		0.09	
1+2	4.82 (—37.2)	0.351 4	8.29 (—47.7)	0.112 5
1+2+3	2.07 (—68.6)	0.123 6	6.32 (—48.9)	0.084 6
1+2+3+4	1.65 (—68.2)	0.126 6	2.75 (—72.2)	0.028 0
1+2+3+4+5	2.18 (—47.5)	0.331 9	3.30 (—58.4)	0.069 3
1+2+3+4+5+6	1.44 (—58.4)	0.169 7	2.56 (—61.3)	0.020 1
1+2+3+4+5+6+7	1.36 (—54.2)	0.271 4	1.73 (—69.5)	0.016 9
混种平均 Mean of mixtures	2.25 (—55.7)		4.16 (—59.7)	
总平均 Whole mean	2.64		4.97	
LSD ($P=0.05$)	0.02		0.03	

注:括号中的数字为品种混种的病害防治效应(%),数字前面的负号表示品种混种后病害减少;概率值是观测值与期望值差异显著性 t 检验中的误差概率;LSD 值用于相应列中小麦群体间的比较,比较前数据需要进行($X+0.5$)的平方根转换。

Note:Numbers in parentheses indicate mixture effect (%) on disease and the symbol ‘—’preceding them means reduction in disease in mixtures;probability is that of error for t -tests of observed versus expected values;LSD values are used for comparison of wheat populations within corresponding columns and data need to be transformed to square root of ($X+0.5$).

2.2 小麦品种单种的条锈病病情指数

在小麦条锈病发病强度较小和较大年份,繁 19 单种的病情指数均最高,两年间分别为 15.36%和 31.60%,比其他品种单种的病情指数高出很多(表 2)。川麦 107 虽为感病品种,但感病性远不如繁

示:
$$\text{病害防治效应}/\%=[(\text{观测值}-\text{期望值})/\text{期望值}]\times 100\%。$$
式中:观测值为实际所得的品种混种的病情指数,期望值是根据其组分单种的病情指数计算的算术平均数(不等比例混种时,需要采用加权平均数,权数为各组分在品种混种中所占的比例)。病害防治效应显著与否,用观测值与期望值间的差异显著性 t 检验加以确定。根据方差分析建立相应的回归方程。

2 结果与分析

2.1 整个试验区的小麦条锈病病情指数

2 月下旬至 3 月初,小麦条锈病在各试验小区陆续发生,调查时病害在感病品种繁 19 和川麦 107 的单种小区已普遍发生。整个试验区的平均病情指数在两年间有所不同:2003~2004 年,平均病情指数为 2.64%;2004~2005 年,为 4.97%(表 2)。

19,在 2003~2004 年和 2004~2005 年,其病情指数仅为 4.45%和 5.31%。经检验,这 2 个品种单种的病情指数在两年间均差异显著($P<0.05$)。

表 2 表明,抗病品种引 11-12、靖麦 10 号、青春 55、46548-3 和安 96-8,其单种的病情指数在两年间

差异均不显著($P>0.05$)。

2.3 小麦品种混种对条锈病的病害防治效应

小麦品种混种对于条锈病的病害防治效应,在 2003~2004 年和 2004~2005 年分别平均为 -55.7%和-59.7%,两年平均为-57.7%,其变化幅度为-37.2%~-72.2%(表 2)。

从表 2 可以看出,在 2003~2004 年,不同品种混种群体的病害防治效应均不显著($P>0.05$)。但在 2004~2005 年,包含 4、6 和 7 个组分的混种群体的病害防治效应均为显著($P<0.05$),包含 3 和 5 个组分的混种群体的病害防治效应比较显著($P<0.10$)。至于包含 2 个组分的混种群体,在其病害防治效应的显著性检验中,误差概率也比较低($P=0.1125$),接近于 0.10。

2.4 小麦品种混种对条锈病的病害防治效应与组分数目的关系

对 2004~2005 年品种混种的病害防治效应与组分数目的关系进行回归分析,结果表明,两者之间的关系用多项式或其他曲线估计都不显著,用所有 6 对数据配合的直线方程的显著性也不太高($P=0.1271$)。但若去掉观测值偏离拟合值较大的 4-组分混种群体的效应值,则品种混种的病害防治效应随组分数目的增加而呈线性增加的趋势极显著($P=0.0039$),线性回归系数为-4.3(图 1)。

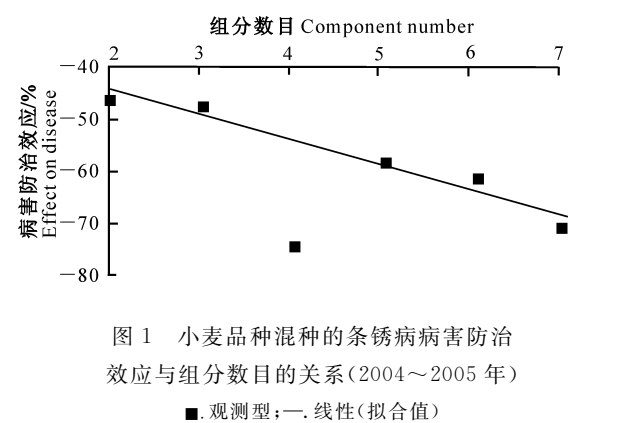


图 1 小麦品种混种的条锈病病害防治效应与组分数目的关系(2004~2005 年)
■. 观测型;—, 线性(拟合值)

Fig. 1 Relationship between effect on stripe rust and component number in wheat cultivar mixtures in 2004—2005
■. Observed; —, Linear (Expected)

3 讨论

3.1 小麦品种混种对条锈病的病害防治效应

本研究结果表明,在自然发病条件下,品种混种对小麦条锈病的病害防治效应平均为-57.7%,变化幅度为-37.2%~-72.2%,这一结果与前人对小麦条锈病的研究结果^[7,11]较一致。尽管由于小区

毗邻而发生的干扰现象在本试验中不能完全排除,从而有可能降低品种混种的病害防治效应,但是不同品种混种群体的病害防治效应仍显示了相当大的差异。在 2003~2004 年,品种混种的病害防治效应虽也较高,但显著性不高,其原因除小区干扰外,更为重要的原因可能是本年对混种小区的病情严重度估计过高。在 2003~2004 年,整个试验区的病害较轻,而混种小区的病害更轻。根据当年对感病品种繁 19 在单种小区和 2-组分、4-组分及 6-组分混种小区的病情抽查结果,其平均严重度分别是 16.36%,10.69%,7.42%和 6.96%。James 等^[12]认为,在病害发生轻的情况下,人们很容易对病害作偏高估计。一方面,人工接种可以保证病害发生水平,但可能会人为提高发病强度而降低品种混种的病害防治效应^[11]。另一方面,自然诱发的结果虽然更接近于实际^[7],但不能保证病害发生水平,在此情况下,同样也可能影响对品种混种病害防治效应的评价。

3.2 小麦品种混种群体组分数目对条锈病防治效应的影响

本研究在 2004~2005 年的试验表明,小麦品种混种对条锈病的病害防治效应,有随组分数目的增加而提高的趋势,如果去掉观测值偏离拟合值较大的 4-组分混种群体的效应值,则两者之间的关系呈极显著的线性关系。其原因主要是组分数目的增加,减少了病情指数最高的品种繁 19 在品种混种中所占的比例(从 1/2 减至 1/7)。根据小麦品种单种病情指数的大小,川麦 107 虽同为感病品种,但与繁 19 有本质上的不同,其病情指数在本试验条件下两年间都相当低。因此在品种混种群体中,加入该品种和加入抗病品种具有相似的作用,都能减少繁 19 的植株数目,从而减少病原物在繁 19 植株间的传播和侵染。郭世保等^[4]的研究表明,当组分数目从 2 个增加到 4 个,小麦品种混种对条锈病的控制作用会逐渐增加,当加入的第 5 个组分是感病品种时,便不再增加。因此,在生产上应用品种混种防治小麦条锈病时,首先需考虑利用感病植株数目减少的机制,为此适当增加组分数目是一个可供选择的方法。如果组分数目一定,就要考虑不等比例混种,同时 will 小比例分配给感病组分。

3.3 小麦品种混种群体组分的形态学表型差异对条锈病防治效应的作用

在本研究中,感病植株数目的减少对小麦品种混种的条锈病病害防治效应固然起着关键作用,但组分在形态学表型上的差异可能也很重要。曹克强

等^[13]对小麦品种混种中条锈病空间分布的研究,强调了抗病植株的屏障作用。本研究中引 11-12、靖麦 10 号以及青春 55 的株高都比繁 19 高很多,这一差别可能会对病原物在繁 19 植株间的传播起到相当大的阻挡作用。因此在考虑品种混种群体的组成时,除组分间的抗病性差异外,对其株高也应给予注意。如果对株高整齐度有要求的话,则可考虑其他形态学表型如株型的差异;选择株形紧凑的感病品种或株型松散的抗病品种作为组分,应当能够更好地利用抗病屏障这一机制^[6]。另外,在自然条件下,小麦条锈病菌的群体不可能只包含一个小种,因而诱导抗病性机制所起的作用也不能忽视。

利用品种混种可使小麦条锈病的病情指数降至一定程度,这一趋势在本研究中是明显的,尤其是在发病强度比前一年为高的 2004~2005 年的试验中。因此,充分利用品种混种防治病害的机制来选择合适的组分,从而组成一定的品种混种群体并应用于大田生产,对于有些农业区进行小麦条锈病的防治是有用的,而对于有些农业区则作为病害防治的一种补充性措施,可能也是有益的。

[参考文献]

- [1] Smithson J B, Lenne J M. Varietal mixtures: a viable strategy for sustainable productivity in subsistence agriculture [J]. *Ann Appl Biol*, 1996, 128: 127-158.
- [2] Cox C M, Garrett K A, Bowden R L, et al. Cultivar mixtures for the simultaneous management of multiple diseases: Tan spot and leaf rust of wheat [J]. *Phytopathology*, 2004, 94: 961-969.
- [3] Mundt C C. Use of multiline cultivars and cultivar mixtures for disease management [J]. *Annu Rev Phytopathol*, 2002, 40: 381-410.
- [4] 郭世保, 康振生, 张龙芝, 等. 不同小麦品种组合条件下条锈病流行的时间动态 [J]. *西北农林科技大学学报: 自然科学版*, 2007, 35(11): 125-128.
- [5] Guo S B, Kang Z S, Zhang L Z, et al. Studies on temporal dynamic of epidemic of wheat stripe rust in different cultivars mixture [J]. *Journal of Northwest A & F University: Nat Sci Ed*, 2007, 35(11): 125-128. (in Chinese)
- [6] Zhu Y, Chen H, Fan J, et al. Genetic diversity and disease control in rice [J]. *Nature*, 2000, 406: 718-722.
- [7] Wolfe M S. The current status and prospects of multiline cultivars and variety mixtures for disease resistance [J]. *Annu Rev Phytopathol*, 1985, 23: 251-273.
- [8] Finckh M R, Mundt C C. Stripe rust, yield, and plant competition in wheat cultivar mixtures [J]. *Phytopathology*, 1992, 82: 905-913.
- [9] Finckh M R, Gacek E S, Czembor H J, et al. Host frequency and density effects on powdery mildew and yield in mixtures of barley cultivars [J]. *Plant Pathol*, 1999, 48: 807-816.
- [10] Akanda S I, Mundt C C. Effects of two-component wheat cultivar mixtures on stripe rust severity [J]. *Phytopathology*, 1996, 86: 347-353.
- [11] Assefa H, van den Bosch F, Zadoks J C. Focus expansion of bean rust in cultivar mixtures [J]. *Plant Pathol*, 1995, 44: 503-509.
- [12] Mundt C C, Brophy L S, Schmitt M E. Disease severity and yield of pure-line wheat cultivars and mixtures in the presence of eyespot, yellow rust, and their combination [J]. *Plant Pathol*, 1995, 44: 173-182.
- [13] James W C, Shih C S, Callbeck L C, et al. Interplot interference in field experiments with late blight of potato (*Phytophthora infestans*) [J]. *Phytopathology*, 1973, 63: 1269-1275.
- [14] 曹克强, 李晓丽, 曾士迈. 品种混种条件下小麦条锈病的空间分布 [J]. *河北农业大学学报*, 1995, 18(2): 30-33.
- [15] Cao K Q, Li X L, Zeng S M. Spatial distribution of stripe rust under the sowing of wheat variety mixtures [J]. *Journal of Agricultural University of Hebei*, 1995, 18(2): 30-33. (in Chinese)