

不同品种混种对小麦产量及条锈病的影响*

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 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 昆明 650201;

3. 云南省曲靖市农业科学研究所 曲靖 655000)

摘要 用“繁19”、“引11-12”、“川麦107”、“靖麦10号”、“青春55”、“46548-3”和“安96-8”7个不同小麦品种,组合成6个品种混种的群体,于2003~2004年、2004~2005年、2005~2006年在云南省曲靖市对其产量效应进行了多年多点试验,并在自然发病条件下,调查了6个品种混种群体对小麦条锈病发生程度的影响。结果表明,小麦品种混种的产量效应平均为+3.9%;小麦品种混种在产量上的正效应、0效应、负效应所出现的频率分别为69.4%、8.3%、22.3%;年份、地点等具体环境条件会影响小麦品种混种的产量效应。在小麦条锈病发病强度相对较高的年份,品种混种可降低条锈病病情指数。因此,品种混种在我国一些小麦产区有利用价值。

关键词 小麦 品种混种 小麦产量 小麦条锈病 品种多样性

中图分类号: S181; S512.104 文献标识码: A 文章编号: 1671-3990(2009)01-0029-05

Effect of wheat cultivar mixtures on wheat yield and 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 712100, China; 2. Key Laboratory for Agricultural Biodiversity and Pest Management, Ministry of Education, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China;

3. Qujing Institute of Agricultural Sciences, Qujing 655000, China)

Abstract Field experiment involving six cultivar-mixed combinations from seven wheat cultivars (“Fan19”, “Yin11-12”, “Chuanmai107”, “Jingmai10”, “Qingchun55”, “46548-3” and “An96-8”) was conducted in a multi-site setting from 2003 ~ 2006 in Qujing, Yunnan Province to evaluate the effects of mixed planting of different wheat cultivars on yield and stripe rust severity under natural disease conditions. Overall, the effect of cultivar mixture on yield is +3.9%. The frequencies of positive, neutral and negative effects on yield are 69.4%, 8.3% and 22.3% respectively. Individual environmental conditions like site location and year affect cultivar mixture effect on yield. In years when stripe rust is relatively severe, all mixed combinations reduce disease index of stripe rust. Thus using cultivar mixtures can have practical implications for wheat production in China.

Key words Wheat, Cultivar mixture, Wheat yield, Wheat stripe rust, Varietal diversity

(Received Feb. 10, 2008; accepted June 1, 2008)

作物不同品种混种作为一种种植方法,近年来在我国水稻上的应用有较多研究,证明能控制稻瘟病并有一定的产量收益^[1-4]。但是,有关小麦品种混种的研究尚较少,且研究也都在控制病害方面^[5,6],至于产量方面的影响尚少见报道。国外相关研究认

为,小麦品种混种即使在病害不存在或不严重的条件下也有一定的产量优势^[7-10]。研究指出在病害存在的条件下,品种混种的产量效应和防病效应有时相关性很弱^[7]。但是如果品种混种的组间无相互作用(主要是对水分、养分、光照的竞争作用以及对

* 国家重点基础研究发展计划(973计划)项目(200611D100203)、国家“十一五”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)和高等学校学科创新引智计划项目(B07049)资助

** 通讯作者:朱有勇(1955-),男,博士,教授,主要从事植物病理学和生物多样性研究。E-mail: ypp1@public.km.yn.cn
陈企村(1964-),男,在读博士,副研究员,主要从事谷类作物病害防治研究。E-mail: chenqicun1227@163.com

收稿日期: 2008-02-10 接受日期: 2008-06-01

于环境变化不敏感的组分对敏感组分的补偿作用), 则品种混种的产量应与其组分单种产量的平均数相等, 否则, 就有可能偏离该平均数而表现其优势或劣势^[8]。国外对小麦条锈病(*Puccinia striiformis* f.sp.*tritici*)有比较深入的研究, 证明品种混种的防病效应与感病组分在品种混种中所占比例存在对数关系^[11]或线性关系^[12]。据此推论, 增加组分数目有可能提高小麦品种混种的防病效应。本研究通过多年、多点的大田试验, 分析小麦品种混种的产量效应, 并调查在自然发病条件下品种混种对小麦条锈病发生程度的影响, 以期对品种混种在我国小麦生产上的应用提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2003 ~ 2004 年、2004 ~ 2005 年、2005 ~ 2006 年在云南省曲靖市麒麟区(10°340'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)的小河湾村(2005 ~ 2006 年改为邻近沾益县太平村)和该市农业科学研究所育种基地同时进行。太平村土壤肥力高, 旁边是河, 整个小麦生育期土壤水分含量高, 生长状况好。育种基地土壤黏重, 水分含量少。小河湾村沙性土壤, 有机质含量少。因此太平村土壤状况相对为好。

1.2 试验品种与品种混种群体组成

选用“繁 19”、“引 11-12”、“川麦 107”、“靖麦 10 号”、“青春 55”、“46548-3”、“安 96-8”7 个适合当地种植的小麦品种(系), 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。有关其生育期、株高、理论产量、对条锈病的抗性见表 1。

由于本研究主要目的是对品种混种的产量效应

表 1 供试小麦品种的生育期、株高、理论产量和病害抗性
Tab.1 Growth period, height, theoretical yield and disease resistance of tested wheat cultivars

品种 Cultivar	生育期 Growth period (%)	株高 Plant height (%)	理论产量 Theoretical yield (%)	病害抗性 Disease resistance
繁 19 Fan19	99	92	110	S
引 11-12 Yin11-12	96	102	88	R
川麦 107 Chuanmai107	100	97	101	S
靖麦 10 号 Jingmai10	103	120	101	R
青春 55 Qingchun55	98	101	95	R
46548-3	100	93	95	R
安 96-8 An96-8	103	97	110	R

各品种的生育期、株高和理论产量是指与所有 7 个试验品种相应指标平均数相比的百分比; 病害抗性是指在当地自然诱发条件下对小麦条锈病的抗性, 其中 S 表示感病, R 表示抗病。Growth period, plant height and theoretical yield are all expressed as percentages of corresponding means of the tested seven cultivars and disease resistance is resistance to local pathogen population of stripe rust in wheat (S, susceptible; R, resistance).

进行研究, 故在利用上述 7 个品种组合成品种混种群体时, 主要考虑生育期相近的组分组合, 以便统一收获(当地小麦收获期白天气温可达 25 ~ 31 , 使所选组分在生育期上的差异更小), 而在其他性状(包括产量)上则保持组分间有较多样性。此外, 也考虑了通过增加组分数目以减少理论产量很高而感病的“繁 19”在品种混种中的比例问题。根据这些考虑, 以“繁 19”为基础, 依次加入“引 11-12”、“川麦 107”、“靖麦 10 号”、“青春 55”、“46548-3”和“安 96-8”, 共组合了 6 个品种混种群体, 用符号分别表示为: M1(“繁 19”+“引 11-12”)、M2(“繁 19”+“引 11-12”+“川麦 107”)、M3(“繁 19”+“引 11-12”+“川麦 107”+“靖麦 10 号”)、M4(“繁 19”+“引 11-12”+“川麦 107”+“青春

55”)、M5(“繁 19”+“引 11-12”+“川麦 107”+“靖麦 10 号”+“青春 55”+“46548-3”)、M6(“繁 19”+“引 11-12”+“川麦 107”+“靖麦 10 号”+“青春 55”+“46548-3”+“安 96-8”)。每个品种混种群体都是根据其组分种子的发芽率和千粒重而采取相等有效粒数的方法(种子使用量按每公顷播种能发芽种子 300 万粒计算)构成的, 目的是能够保证各组分植株数目相同。待各组分种子充分混匀后, 称种到行, 进行小区播种。

1.3 试验设计

3 年中, 每年都在 2 个地点设置试验: 在小河湾村或太平村, 试验区从开始出现小麦条锈病起, 每隔 1 周喷施粉锈宁 1 次以控制病害; 在育种基地, 则不使用任何杀菌剂, 任由该病害自然发展。试验共 6

次, 其具体环境(年份 × 地点 × 处理)表示如下: 1, 2003 ~ 2004 年 × 小河湾村 × 喷药; 2, 2003 ~ 2004 年 × 育种基地 × 不喷药; 3, 2004 ~ 2005 年 × 小河湾村 × 喷药; 4, 2004 ~ 2005 年 × 育种基地 × 不喷药; 5, 2005 ~ 2006 年 × 太平村 × 喷药; 6, 2005 ~ 2006 年 × 育种基地 × 不喷药。对每个环境, 试验均为 4 次重复, 随机区组设计, 包括 13 个小麦群体, 其中 7 个为品种单种群体, 6 个为品种混种群体。试验小区长 5 m, 宽 3 m, 每小区条播小麦 10 行, 小区间留有 0.5 m 空地。整个试验区周围种植大麦或小麦抗病品种作为保护行。播期、收获期、田间管理与各试验点大田相同。

1.4 测产及病害调查

收获时各试验小区进行实割实收, 脱粒后晒干筛净进行测产。另在育种基地收获前 3 ~ 4 周, 进行小麦条锈病调查。调查病情时, 该病害虽在各小区内的分布比较均匀, 但为减少小区干扰, 取样仍然严格限制在小区中央 8 m² 以内的范围。在此范围内, 5 点取样, 每点 10 株, 调查统计每株旗叶和旗叶下第 1、第 2 叶发病的叶片数及各叶片病情严重度, 然后计算病情指数(普遍率 × 平均严重度 × 100%)。调查混种小区病情时, 由于品种混种是严格按等比例混种的, 所以根据组分形态特征不同对各组分的取样数目大体保持相等。

1.5 数据处理

品种混种的产量效应或防病效应, 以产量效应或防病效应(%)=100(观测值 - 期望值)/期望值的公式计算; 其中, 观测值为实际所得的品种混种的产量或病情指数, 期望值是各组分单种产量或病情指数的平均数(不等比例混种时, 需用加权平均数, 权数为各组分在品种混种中所占的比例)。计算值得正值, 表示产量或病害增加, 得负值表示产量或病害减少。产量效应或防病效应显著与否, 用观测值与期望值间的差异显著性 *t* 检验加以确定。所有统计分析采用 DPS 统计分析软件包。

2 结果与分析

2.1 小麦品种混种的产量效应

3 年试验中, 小麦条锈病在喷药处理的试验点得到有效控制, 感病品种“繁 19”单种病情指数均不超过 5%。在不做喷药处理的育种基地试验点, 2003 ~ 2004 年, “繁 19”以及同为感病品种的“川麦 107”单种条锈病病情指数分别为 15.36% 和 4.45%, 抗病品种“引 11-12”、“靖麦 10 号”、“青春 55”、“46548-3”以及“安 96-8”单种病情指数分别为 0、0.95%、0、0.01% 和 0.02%。2004 ~ 2005 年, 病情相对较重, 最感病的“繁 19”单种病情指数达 31.60%, 次感病的“川麦 107”单种为 5.31%, 5 个抗病品种单种的病情指数从 0.01% 到 2.64% 不等。2005 ~ 2006 年病害发生情况与 2003 ~ 2004 年基本相同。所以, 6 个品种混种的产量效应主要是在病害不严重或几乎没有病害的条件下获得的。

不同小麦品种混种群体在所有 6 次试验中的平均产量效应见表 2。从表 2 可以看出, 所有小麦品种混种群体在 6 次试验中平均产量效应为 +3.9%, 说明品种混种与其组分单种产量的平均数相比能够增加产量, 但这种产量优势总的来说比较小。从表 2 也可看出, 品种混种的平均产量效应和组分数目(从 M1 的 2 个组分渐增至 M6 的 7 个组分)没有一定的关系。增加组分数目不能一贯地产生较大产量优势, 实际上, 当组分数目增加到 3 个而形成 M2 群体时, 甚至还可以产生负效应, 平均减产 0.3%。这说明影响产量效应的主要因素不在组分数目的多少上, 而在群体组成的其他方面。由于本试验中采取的是等比例混种形式, 所以组分多样性很可能是影响产量效应的主要因素。

2.2 小麦品种混种 3 种产量效应的频率分布

小麦品种混种的产量与其组分单种产量的平均数比较, 本试验中共计 36 次, 表 3 列出了 36 次比较

表 2 小麦品种混种在 6 次试验中的平均产量效应
Tab.2 Mean effect on yield in wheat cultivar mixtures in six experiments

品种混种 Cultivar mixture	产量 Yield (kg · plot ⁻¹)		平均产量效应 Mean effect on yield (%)
	平均观测值 Mean observed value	平均期望值 Mean expected value	
M1	6.32	6.15	+2.8
M2	6.33	6.35	-0.3
M3	6.42	6.16	+4.2
M4	6.31	6.03	+4.6
M5	6.16	5.99	+2.8
M6	6.58	6.03	+9.1
平均 Mean			+3.9

中 3 种不同产量效应的频率分布。从表 3 可以看出, 小麦品种混种在产量上的正效应、0 效应、负效应的频率分别为 69.4%、8.3%和 22.3%, 正效应和 0 效应合计为 77.7%, 说明品种混种的产量与其组分单种产量的平均数相比优势常常大于劣势。显著性检验结果显示, 在 25 个产量表现为正效应的比较中, 有 10 个显著($P < 0.05$), 占 40.0%, 而在 8 个产量表现为负效应的比较中, 只有 1 个显著($P < 0.05$), 占 12.5%。

表 3 产量效应的频率分布
Tab.3 Frequency distribution of effect on yield

产量效应 Effect on yield (%)	绝对频率 Absolute frequency	相对频率 Relative frequency (%)
> 0	25	69.4
= 0	3	8.3
< 0	8	22.3
合计 Total	36	100.0

2.3 小麦品种混种的产量效应随环境的变化状况

不同小麦品种混种群体在 6 次试验, 即 6 个具体环境中产量效应随环境变化状况见图 1。

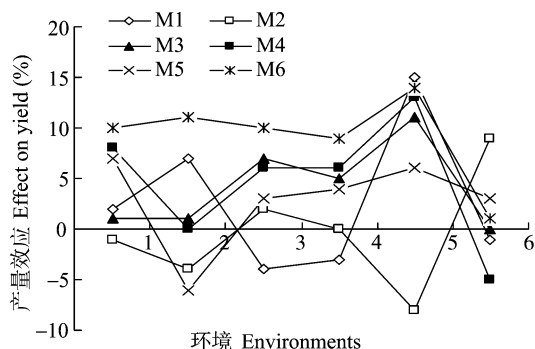


图 1 品种混种的产量效应随环境的变化

Fig. 1 Changes in effect of cultivar mixtures on yield with individual environments

对于每一个小麦品种混种群体, 环境条件不同, 其产量效应的变化不只表现在大小上, 甚至表现在负效应出现的次数上。在所有 6 个环境中, 除 M3 和 M6 没有出现负效应外, 其他 4 个品种混种群体都有负效应出现, 其中 M4 和 M5 各有 1 次, M1 和 M2 均有 3 次, 说明品种混种的产量效应不但与混种群体的组成有关, 且受田间气象条件、栽培条件、有无病害控制措施等外部环境的影响, 这使同一个品种混种群体的产量效应可因年份或地点不同而发生变化。

2.4 小麦品种混种对条锈病发生程度的影响

2004~2005 年育种基地小麦条锈病发生水平尽管比较低, 但高于其他 2 年。本年发病期始于 2 月

中旬, 止于 4 月上旬末, 整个试验区的平均病情指数为 4.97%, “繁 19” 单种为 31.60%, 这使试验小区特别是混种小区病情严重度的估计较为准确。调查结果显示, 不同小麦品种混种群体的条锈病病情指数与其组分单种病情指数的平均数相比都有一定程度的降低(图 2), 其中 M3、M5、M6 对条锈病的防病效应显著($P < 0.05$)。另据回归分析结果, 防病效应和组分数目的关系用所有 6 对数据配合的直线方程($a = -42.62$, $b = -3.79$)估计, 显著性不高($P = 0.127$), 但若去掉观测值偏离拟合值较大的 M3 效应值, 则所配合的直线方程($a = -37.38$, $b = -4.30$)显著性极高($P = 0.004$)。说明品种混种的防病效应随组分数目增加而提高的趋势是存在的, 主要原因在于“川麦 107” 和“繁 19” 虽然同为感病品种, 但感病性远不如“繁 19”。“川麦 107” 单种的病情指数仅为 5.31%, 用最小显著差数法检验的结果表明, 该品种单种和“繁 19” 单种的病情指数间差异极显著($P < 0.01$)。因此, 在 M2、M3、M4、M5、M6 这 5 个群体中, “川麦 107” 实际上和抗病品种有相似的作用, 它们共同减少了单种病情指数最高的“繁 19” 在这些群体中所占的比例。

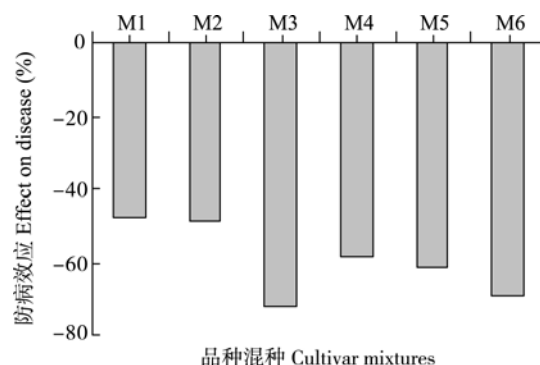


图 2 品种混种对小麦条锈病的影响
(育种基地, 2004~2005 年)

Fig. 2 Effect of cultivar mixture on wheat stripe rust (Breeding Base, 2004-2005)

但是, 显著的防病效应不一定伴随有产量显著增加的结果。在 2004~2005 年育种基地, 只有 M3、M6 的增产效应显著($P < 0.05$), 而 M5 虽也表现产量增加, 却不显著($P > 0.05$), 其原因可能是病害较轻, 没有成为影响产量的主导因子。

3 小结与讨论

本研究结果表明, 在没有病害或病害不严重的条件下, 小麦品种混种在产量上与其组分单种产量的平均数相比有一定优势, 平均增产 3.9%, 增产和平产出现的频率合计为 77.7%。当条锈病发病强度相对较高时, 小麦品种混种亦能使病情指数降低到

一定程度。综合来看, 品种混种在我国小麦生产上应该有一定程度的利用价值。据英国对大麦品种混种的研究(在多数试验中白粉病发病较重), 增产和平产出现的频率为 83.0%^[13]。另据 Smithson 等^[14]对早期欧洲和北美研究得到的有关小麦品种混种的 745 个产量效应值(大多是在病害不严重的情况下获得的)所作的统计分析结果, 产量效应的频率分布具有显著的正向偏斜特征。这些研究结果与本研究结果基本一致。产量效应在具体环境上的动态说明, 在不同田块或同一田块不同年份使用一个特定的品种混种群体, 有时会减产, 尽管出现减产的频率并不高。值得注意的是, 在环境 5(2005~2006 × 太平村 × 喷药)处, 除 M5 外, 其他 5 个小麦品种混种群体的产量效应都有最高或最低值。太平村土壤状况较好, 可能是一个重要因素, 本研究中不能将该因素和其他因素分开处理, 所以这个问题尚难解释, 需进一步研究加以明确。

致谢 本文承蒙西北农林科技大学植物保护学院黄丽丽教授修改, 谨表谢意!

参考文献

- [1] 吕亮, 陈其志, 陈茂华, 等. 不同水稻品种间栽控制稻瘟病的田间试验[J]. 华中农业大学学报, 2002, 21 (3): 228-230
- [2] 冯耀宗. 生物多样性与生态农业[J]. 中国生态农业学报, 2002, 10 (3): 9-11
- [3] 马辉刚, 舒畅, 刘康成, 等. 水稻品种多样性持续控制稻瘟病研究[J]. 中国生态农业学报, 2007, 15 (2): 114-117
- [4] 房辉, 周江鸿, 王云月, 等. 优化水稻群体种植模式与稻瘟病控制研究[J]. 中国农业科学, 2007, 40 (5): 916-924
- [5] 曹克强, 曾士迈. 小麦混合品种对条锈叶锈及白粉病的群体抗病性研究[J]. 植物病理学报, 1994, 24 (1): 21-24
- [6] 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
- [7] Finckh M. R., Mundt C. C. Stripe rust, yield, and plant competition in wheat cultivar mixtures [J]. *Phytopathology*, 1992, 82: 905-913
- [8] Dubin H. J., Wolfe M. S. Comparative behavior of three wheat cultivars and their mixture in India, Nepal and Pakistan [J]. *Field Crops Res.*, 1994, 39: 71-83
- [9] 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
- [10] Gallandt E. R., Dofing S. M., Reisenauer P. E., *et al.* Diallel analysis of cultivar mixtures in winter wheat [J]. *Crop Sci.*, 2001, 41: 792-796
- [11] Van den Bosch F., Frinking F., Metz J. A. J., *et al.* Focus expansion in plant disease. IV. Expansion rates in mixtures of resistant and susceptible hosts [J]. *Phytopathology*, 1990, 80: 598-602
- [12] Akanda S. L., Mundt C. C. Effects of two-component wheat cultivar mixtures on stripe rust severity [J]. *Phytopathology*, 1995, 86: 347-353
- [13] Wolfe M. S., Barrett J. A. Can we lead the pathogen astray? [J]. *Plant Dis.*, 1980, 70: 148-155
- [14] Smithson J. B., Lenne J. M. Varietal mixtures: a viable strategy for sustainable productivity in subsistence agriculture [J]. *Ann. Appl. Bio.*, 1996, 128: 127-158