

杂种小麦产量结构优化模式的研究

许为钢 周 阳 胡 琳 达龙珠 王根松

徐向阳 黄 惠 康明辉 赵献林

(河南省农业科学院小麦研究所, 郑州 450002)

摘 要 以杂种小麦产量因素及产量间的现有内在关系为基础, 对 $8\,250 \sim 12\,000\text{ kg/hm}^2$ 产量水平的杂种小麦的产量结构进行了优化, 获得了若干产量结构优化模式。分析结果表明, 目前和近期目标产量水平的杂种小麦产量结构应在一定群体穗数的基础上增加穗粒数和千粒重, 特别是注意穗粒数的提高。文中建立的不同产量水平条件下产量结构的最优模式既有一定的多样性, 同时又具有一定的规律性变化。

关键词 杂种小麦 产量结构 优化模式

杂种小麦以其诱人的增产潜力正不断引起小麦育种家们的重视, 人们对杂种小麦的增产机理以及选育技术进行了大量的研究^[1,2], 其中对产量因素配合力及其杂种优势预测的研究是杂种小麦品种选育研究工作的一个重要方面, 提出了用“杂种优势型”等类型间杂交来实现杂种小麦的产量优势^[3~6], 积极展开这一方面的有关研究工作将增强杂种小麦品种选育的预见性。在本文中, 作者以现有杂种小麦产量构成因素间的内在相互关系为基础, 对杂种小麦不同产量水平的产量结构进行了优化, 建立了若干产量结构的最优模式。

1 材料和方法

1.1 供试材料

供试材料为采用杀雄剂 SC2053 化学杀雄配置的 76 个杂种小麦, 以目前本地区大面积主栽常规品种豫麦 21 号和常规新品种温麦 6 号作对照。

1.2 田间试验

田间试验在河南省农业科学院试验农场进行, 试验地砂壤土质, 底肥为牛粪 $60 \times 10^3\text{ kg/hm}^2$ 、碳酸氢胺 375 kg/hm^2 、尿素 150 kg/hm^2 、氯化钾 110 kg/hm^2 , 冬季结合灌溉追施尿素 75 kg/hm^2 、磷酸二氢钾 75 kg/hm^2 , 3 月 26 日再次结合灌溉追施尿素 120 kg/hm^2 、磷酸二氢钾 75 kg/hm^2 。1997 年 10 月 7 日播种, 随机区组设计, 小区面积 6.67 m^2 , 行长 4.76 m , 行距 0.23 m , 6 行区, 播量 180 粒/m^2 , 3 次重复, 试验期间适时用药剂防病防虫。收获前调查各小区群体穗数, 成熟时机械收获, 测定千粒重, 并由小区产量、群体穗数和千粒重计算穗粒数。

1.3 分析方法

以产量超过 6 000 kg/hm² 的 52 个杂种小麦的试验数据对不同产量水平的产量结构进行了线性优化,并对不同群体穗数条件下产量构成因素及产量间的相关性进行了分析。

2 结果与分析

2.1 杂种小麦的产量表现

对照豫麦 21 号和温麦 6 号的产量分别为 5 700 kg/hm² 和 6 409 kg/hm²。76 个杂种小麦的产量变幅为 3 870~7 560 kg/hm², 平均为 6 309 kg/hm², 超温麦 6 号 10% 以上的杂种小麦有 9 个, 其产量及产量结构见表 1。在这 9 个杂种小麦之中, 除 97H050 之外的其他 8 个杂种小麦均趋大穗型, 产量结构与对照相比较, 群体穗数减少, 穗粒数显著增加, 千粒重增加程度因组合而异。在本年度所处地区自然灾害严重, 小麦减产较大的情况下, 杂种小麦表现出了较强的抗逆性和明显的增产优势。

表 1 9 个优异组合的产量及产量结构

品 名	产量 (kg/ hm ²)	比豫麦 21 号增产 (%)	比温麦 6 号增产 (%)	群体穗数 (万穗/ hm ²)	穗粒数 (粒)	千粒重 (g)
豫麦 21 号	5700			612	26.7	34.88
温麦 6 号	6409	12.4		623	25.2	40.83
97H003	7226	26.8	12.7	525	35.1	39.20
97H018	7125	25.0	11.2	313	52.6	43.30
97H022	7055	23.8	10.1	366	45.9	41.97
97H035	7061	23.9	10.1	450	33.8	46.40
97H039	7155	25.5	11.6	483	31.8	46.52
97H040	7415	30.1	15.7	485	35.6	42.93
97H050	7265	27.5	13.3	624	32.2	36.23
97H074	7095	24.5	10.7	516	34.1	40.30
97H075	7560	32.6	18.0	512	37.1	39.80

2.2 杂种小麦产量结构的优化

以产量大于 6 000 kg/hm² 的 52 个杂种小麦的试验数据为样本, 由逐步回归建立包含交互效应在内的回归方程, 以期获得杂种小麦高产、超高产育种的产量结构选育模式。

设: X_1 = 群体穗数、 X_2 = 穗粒数、 X_3 = 千粒重、 Y = 产量, 交互效应分别为: X_1X_2 、 X_1X_3 、 X_2X_3 、 $X_1X_2X_3$ 。

经逐步最优回归得方程:

$$Y = 21.184458 - 0.017798X_1 - 0.161865X_2 - 0.551191X_3 + 0.000889134X_1X_2 + 0.000101576X_1X_3 + 0.010042X_1X_2X_3 \quad (r = 0.9999^{**})$$

据产量大于 6 000 kg/hm² 的 52 个杂种小麦的群体穗数、穗粒数和千粒重的变幅, 设 X_1 、 X_2 和 X_3 的约束条件为:

X_1 (万穗/ hm^2) = 315 ~ 375; 390 ~ 450; 465 ~ 525; 540 ~ 600; 615 ~ 675; 步长= 15。

X_2 (粒/穗) = 26 ~ 30; 31 ~ 35; 36 ~ 40; 41 ~ 45; 46 ~ 50; 51 ~ 55; 步长= 1。

X_3 (g/1000 粒) = 36 ~ 40; 41 ~ 45; 46 ~ 50; 步长= 1。

并设 Y (kg/hm^2) = 8 250 ~ 9 000; 9 000 ~ 9 750; 9 750 ~ 10 500; 10 500 ~ 11 250; 11 250 ~ 12 000; 12 000 ~ 12 750 为产量水平的约束条件,

求解方程, 按 $X_{0.05}^2$ 取舍方程。

$$X^2 = \sum_{i=1}^3 (X_i - \bar{X}_i)^2 / S_i^2$$

共获得 1 729 个解, 按约束条件归类求所得优化方程解的平均值作为优化模式列于表 2 (未列出计算结果的产量结构取值范围为方程无解), 其反映了在不同约束条件下, 产量及产量 3 因素的最佳构成。表 3 为各优化模式代表的优化方程次数, 优化模式代表的优化方程次数在 1 ~ 57 之间不等, 表 2 中方框所辖范围内的优化模式代表的优化方程数均在 10 次以上, 可视为较易实现的优化模式, 此处称为最优模式。通过对表 2 进行分析, 可得如下结果:

产量水平的优化范围为 8 250 ~ 12 000 kg/hm^2 , 即产量 > 12 000 kg/hm^2 时方程无解。

群体穗数在 315 ~ 375 万穗/ hm^2 时, 方程无解, 即无法实现目标产量。

当约束条件群体穗数在 390 ~ 450 万穗/ hm^2 时, 最优模式的群体穗数在 425 万穗/ hm^2 以上, 穗粒数在 43 ~ 49 粒之间, 千粒重 39 ~ 46 g 之间, 且最优模式的产量水平主要集中在 8 250 ~ 9 000 kg/hm^2 , 这表明在此群体穗数范围内要实现较高的产量水平是比较困难的。

约束条件群体穗数在 465 ~ 525 万穗/ hm^2 时, 优化模式数显著增多, 8 250 ~ 10 500 kg/hm^2 各产量水平段包含的最优模式数均可达 4 ~ 5 个。最优模式的穗粒数在 38 ~ 49 粒之间, 千粒重 38 ~ 47 g 之间, 随着产量水平的提高, 穗粒数的取值趋大。

约束条件群体穗数上升到 540 ~ 600 万穗/ hm^2 时, 优化模式和最优模式的数目最多, 在 8 250 ~ 11 250 kg/hm^2 各产量水平段包含的最优模式数达到 4 ~ 6 个。最优模式的穗粒数在 34 ~ 48 粒之间, 千粒重 37 ~ 46 g 之间, 也是随着产量水平的提高, 穗粒数的取值趋大。

约束条件群体穗数达到 615 ~ 675 万穗/ hm^2 时, 最优模式的数目在 8 250 ~ 11 250 kg/hm^2 各产量水平段中分布比较均匀, 均为 3 ~ 4 个。最优模式穗粒数在 33 ~ 43 粒之间, 千粒重 36 ~ 43 g 之间, 随着产量水平的提高, 穗粒数的取值趋大, 但穗粒数和千粒重的取值范围趋小, 即穗粒数和千粒重的上限降低, 这将使杂种小麦亲本材料的利用范围缩小。

表 2 和表 3 十分明显地表明, 群体穗数在 465 ~ 600 万穗/ hm^2 时, 解出的优化方程数、优化模式和最优模式均为最多, 优化方程数为 1 220 个, 占总优化方程数的 71.6%; 优化模式 67 个, 占优化模式总数的 65.0%; 最优模式 37 个, 占最优模式总数的 66.1%。而且穗粒数和千粒重的取值范围较大, 产量因素易于组配, 最优模式的产量水平覆盖目前和近期黄淮麦区杂种小麦品种选育的目标水平。所以, 这部分最优模式对该地区杂种小麦品种选育具有一定的参考价值。

2.3 不同群体穗数条件下产量构成因素及产量间的相关性

以所获优化方程解为资料, 对不同群体穗数条件下, 产量 3 因素及产量间的相关性进行分析, 性状间相关系数见表 4。

表 2 各产量水平的产量结构优化模式

群体穗数 (万穗/hm ²)	穗粒数 (粒)	千粒重 (g)	产量水平(kg/hm ²)				
			8250 ~ 9000	9000 ~ 9750	9750 ~ 10500	10500 ~ 11250	11250 ~ 12000
390 ~ 450	36 ~ 40	36 ~ 40	—	—	—	—	—
		41 ~ 45	—	—	—	—	—
		46 ~ 50	450- 40- 47	—	—	—	—
		36 ~ 40	—	—	—	—	—
	41 ~ 45	41 ~ 45	442- 44- 44	450- 45- 45	—	—	—
		46 ~ 50	433- 43- 46	447- 44- 46	—	—	—
		36 ~ 40	443- 49- 39	450- 50- 40	—	—	—
		46 ~ 50	425- 48- 43	442- 48- 43	—	—	—
	46 ~ 50	46 ~ 50	420- 46- 46	443- 46- 46	—	—	—
		36 ~ 40	435- 51- 39	450- 51- 40	—	—	—
		51 ~ 55	41 ~ 45	445- 51- 41	—	—	—
		46 ~ 50	—	—	—	—	—
465 ~ 525	31 ~ 35	36 ~ 40	—	—	—	—	—
		41 ~ 45	525- 35- 45	—	—	—	—
		46 ~ 50	421- 35- 47	—	—	—	—
		36 ~ 40	525- 40- 40	—	—	—	—
	36 ~ 40	41 ~ 45	509- 39- 44	523- 40- 44	—	—	—
		46 ~ 50	488- 38- 47	510- 39- 47	552- 40- 47	—	—
		36 ~ 40	507- 44- 39	523- 44- 40	—	—	—
		41 ~ 45	484- 42- 42	500- 43- 43	515- 44- 44	525- 45- 45	—
	46 ~ 50	46 ~ 50	465- 41- 46	479- 42- 46	506- 43- 46	521- 44- 46	—
		36 ~ 40	486- 48- 38	503- 48- 39	518- 49- 39	525- 50- 40	—
		41 ~ 45	465- 46- 41	477- 47- 42	494- 48- 43	516- 48- 43	—
		46 ~ 50	—	—	480- 46- 46	510- 46- 46	—
	51 ~ 55	36 ~ 40	—	475- 51- 39	498- 51- 39	510- 51- 41	—
		41 ~ 45	—	465- 51- 41	480- 51- 42	—	—
		46 ~ 50	—	—	—	—	—
		46 ~ 50	—	—	—	—	—
540 ~ 600	31 ~ 35	36 ~ 40	600- 35- 40	—	—	—	—
		41 ~ 45	580- 34- 44	595- 35- 44	—	—	—
		46 ~ 50	550- 34- 46	579- 35- 46	—	—	—
		36 ~ 40	579- 39- 39	593- 40- 40	—	—	—
	36 ~ 40	41 ~ 45	556- 37- 42	571- 38- 43	585- 39- 44	596- 40- 45	—
		46 ~ 50	540- 36- 46	553- 37- 46	567- 39- 46	590- 40- 46	—
		36 ~ 40	556- 42- 37	571- 43- 38	586- 44- 39	596- 45- 40	—
		41 ~ 45	41 ~ 45	546- 42- 42	560- 43- 43	577- 43- 43	590- 44- 44
	46 ~ 50	46 ~ 50	—	—	544- 41- 46	555- 43- 46	578- 43- 46
		36 ~ 40	540- 46- 36	553- 47- 37	561- 47- 38	573- 48- 39	600- 48- 40
		41 ~ 45	—	—	544- 46- 41	552- 47- 42	573- 47- 43
		46 ~ 50	—	—	—	—	—
615 ~ 675	31 ~ 35	36 ~ 40	641- 34- 39	655- 35- 40	—	—	—
		41 ~ 45	627- 33- 42	633- 34- 43	—	—	—
		46 ~ 50	—	—	—	—	—
		36 ~ 40	627- 37- 37	636- 38- 38	648- 39- 39	660- 40- 40	—
	36 ~ 40	41 ~ 45	—	625- 36- 42	632- 38- 42	637- 39- 43	—
		46 ~ 50	—	—	—	—	—
		36 ~ 40	—	620- 42- 36	628- 42- 38	634- 43- 39	638- 45- 40
		41 ~ 45	—	—	615- 41- 41	627- 42- 42	627- 43- 43
	46 ~ 50	46 ~ 50	—	—	—	—	—
		36 ~ 40	—	—	—	615- 46- 38	615- 47- 40
		41 ~ 45	—	—	—	—	615- 46- 42
		46 ~ 50	—	—	—	—	—

表 3 优化模式代表的优化方程的次数分布

群体穗数 (万穗/hm ²)	穗粒数 (粒)	千粒重 (g)	产 量 水 平 (kg/hm ²)				
			8250 ~ 9000	9000 ~ 9750	9750 ~ 10500	10500 ~ 11250	11250 ~ 12000
390 ~ 450	36 ~ 40	36 ~ 40	—	—	—	—	—
		41 ~ 45	—	—	—	—	—
		46 ~ 50	4	—	—	—	—
	41 ~ 45	36 ~ 40	—	—	—	—	—
		41 ~ 45	23	1	—	—	—
		46 ~ 50	18	5	—	—	—
		36 ~ 40	18	1	—	—	—
	46 ~ 50	41 ~ 45	45	27	—	—	—
		46 ~ 50	1	2	—	—	—
		36 ~ 40	7	1	—	—	—
	51 ~ 55	41 ~ 45	1	3	—	—	—
		46 ~ 50	—	—	—	—	—
465 ~ 525	31 ~ 35	36 ~ 40	—	—	—	—	—
		41 ~ 45	1	—	—	—	—
		46 ~ 50	4	—	—	—	—
	36 ~ 40	36 ~ 40	1	—	—	—	—
		41 ~ 45	42	6	—	—	—
		46 ~ 50	34	16	1	—	—
		36 ~ 40	42	6	—	—	—
	41 ~ 45	41 ~ 45	44	55	18	1	—
		46 ~ 50	3	17	19	4	—
		36 ~ 40	48	47	13	1	—
	46 ~ 50	41 ~ 45	3	27	50	27	—
		46 ~ 50	—	—	3	1	—
		36 ~ 40	—	6	5	—	—
	51 ~ 55	41 ~ 45	—	1	4	1	—
		46 ~ 50	—	—	—	—	—
540 ~ 600	31 ~ 35	36 ~ 40	1	—	—	—	—
		41 ~ 45	41	6	—	—	—
		46 ~ 50	13	5	—	—	—
	36 ~ 40	36 ~ 40	43	10	—	—	—
		41 ~ 45	33	57	27	4	—
		46 ~ 50	1	14	16	3	—
		36 ~ 40	33	57	27	4	—
	41 ~ 45	41 ~ 45	—	12	41	48	16
		46 ~ 50	—	—	4	10	2
		36 ~ 40	1	18	35	25	2
	46 ~ 50	41 ~ 45	—	—	4	26	30
		46 ~ 50	—	—	—	—	—
615 ~ 675	31 ~ 35	36 ~ 40	24	3	—	—	—
		41 ~ 45	27	23	—	—	—
		46 ~ 50	—	—	—	—	—
	36 ~ 40	36 ~ 40	27	40	18	1	—
		41 ~ 45	—	12	35	23	—
		46 ~ 50	—	—	—	—	—
		36 ~ 40	—	10	26	24	2
	41 ~ 45	41 ~ 45	—	—	1	19	25
		46 ~ 50	—	—	—	—	—
		36 ~ 40	—	—	—	2	3
	46 ~ 50	41 ~ 45	—	—	—	—	2
		46 ~ 50	—	—	—	—	—

表 4 不同群体穗数条件下产量构成因素及产量间的相关性

群体穗数 (万穗/hm ²)	相 关 系 数					
	$r_{X1 \cdot X2}$	$r_{X1 \cdot X3}$	$r_{X2 \cdot X3}$	$r_{X1 \cdot Y}$	$r_{X2 \cdot Y}$	$r_{X3 \cdot Y}$
390~450	- 0.20263 [*]	- 0.09614	- 0.75564 ^{**}	0.37472 ^{**}	0.28874 ^{**}	0.17944 [*]
465~525	- 0.17206 ^{**}	- 0.07979	- 0.59553 ^{**}	0.26833 ^{**}	0.52207 ^{**}	0.22173 ^{**}
540~600	- 0.18997 ^{**}	- 0.09156 [*]	- 0.45481 ^{**}	0.11180 ^{**}	0.69358 ^{**}	0.22587 ^{**}
515~675	- 0.23271 [*]	- 0.13932 ^{**}	- 0.22031 ^{**}	- 0.02214	0.79626 ^{**}	0.34497 ^{**}

相关分析结果表明,在不同群体穗数条件下群体穗数与穗粒数均存在着显著的负相关,但决定系数很小($R^2=0.0542$);在群体穗数大于 540 万穗/hm² 时,群体穗数与千粒重才表现出显著的负相关,但决定系数也很小($R^2=0.0194$);穗粒数与千粒重之间存在着显著的负相关,且在群体穗数较小时负相关性较大,但随群体穗数的增大而明显下降。产量 3 因素与产量的相关性随着群体穗数的增大,群体穗数与产量的相关性降低,而穗粒数、千粒重与产量的正相关性增强,且穗粒数对产量的正向作用尤为明显。上述相关性变化规律说明,在较高群体穗数条件下增加穗粒数和千粒重对提高产量有着明显的作用,特别是增加穗粒数的作用显著。

3 讨论

杂种小麦与常规小麦品种相比较,具有明显的增产优势。为了更充分地发挥这种增产优势,应当研究较高产量水平时的产量结构及产量构成因素间的相互关系,这有利于强优势组合的亲本选配。本研究结果表明,要实现杂种小麦的增产优势,必须在保证一定群体穗数的基础上增加穗粒数和千粒重,特别是增加穗粒数。但群体穗数过高时又会增加亲本选配的难度,这为现有材料性状之间的相互关系所决定。因此在制定育种目标时,设计合理的群体穗数将有利于更多亲本类型的选用。优化模式的建立说明在现有材料的条件下,进行较高产量水平的杂种小麦品种选育是可行的。本研究建立了不同产量水平条件下的若干最优产量结构模式,这些最优模式一方面具有一定的多样性,同时也具有一定的变化规律性,因此具有一定的可操作性,在进行高产杂种小麦品种的产量结构设计时可作为参考。

参 考 文 献

- 1 张爱民, 黄铁城. 小麦杂种优势利用与研究进展. 作物杂志, 1997(5): 16 ~ 20
- 2 张改生, 刘宏伟, 王军卫等. 我国杂种小麦走向生产的关键策略. 科技导报, 1997(10): 27 ~ 28
- 3 李振桥, 张胜爱. CHA 杂种小麦组合选配研究进展. 见: 中国小麦育种研究进展. 北京: 中国农业出版社, 1996. 445 ~ 449
- 4 张爱民, 黄铁城, 宋希云等. 应用化学杂交剂和显性矮秆基因培育半矮秆杂种小麦的研究. 见: 中国小麦育种研究进展. 北京: 中国农业出版社, 1996. 459 ~ 470
- 5 马学峰, 杨天章, 张晓琴等. 杂种小麦产量与产量因素配合力间的关系. 见: 中国小麦育种研究进展. 北京: 中国农业出版社, 1996. 471 ~ 479
- 6 王岩, 李长辉. 春小麦杂种优势配合力分析. 中国农学通报, 1997, 13(5): 59

A Study on the Optimized Model of Yield Components for Hybrid Wheat

Xu Weigang Zhou Yang Hu Lin Da Longzhu Wang Gensong
Xu Xiangyang Huang Hui Kang Minghui Zhao Xianlin
(Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002)

Abstract The optimization of yield components was conducted for hybrid wheat at yield level from 8 250 kg to 12 000 kg/hm² based on the relationship between yield components in current hybrid wheat. The analysis of optimized models showed that the kernel number per spike and thousand kernel weight should be increased on the basis of proper number of spikes in unit area, specially increasing kernel number per spike. There were diversity and regularity among optimized models of yield components established in this paper.

Key words: Hybrid wheat; Yield component; Optimized model