

东北三省水稻穗上不同部位碾磨 及外观品质的比较研究

侯昱铭¹, 李红宇¹, 陈英华¹, 权成哲², 闫平³, 武洪涛³, 陈温福¹, 徐正进¹

(1. 沈阳农业大学 水稻研究所, 农业部作物生理生态与遗传育种重点开放实验室, 辽宁省北方粳稻育种重点实验室,
辽宁 沈阳 110161; 2. 吉林省水稻研究所, 吉林 公主岭 136100; 3. 黑龙江省五常水稻研究所, 黑龙江 五常 150229)

摘要: 为明确中国东北地区水稻品种品质的特点, 以 2007 年辽宁、吉林、黑龙江三省水稻区域试验品种(品系)为试材, 在栽培管理水平高、有代表性的沈阳、公主岭、五常区试点, 对三省穗上不同部位碾磨及外观品质进行比较。结果表明, 辽宁省品种糙米率和整精米率均居于三省之首; 辽宁省品种精米率较高, 略高于黑龙江和吉林, 但三省之间差异不显著; 粒长和长宽比呈现黑龙江>辽宁>吉林的趋势; 吉林白度高于辽宁, 显著高于黑龙江; 垩白度和垩白率均为吉林略高于辽宁, 二省均极显著高于黑龙江。

关键词: 水稻; 东北; 碾磨品质; 外观品质

中图分类号: S511.01 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7091(2009)03-0138-06

The Comparison and Research of Milling and Appearance Quality in Different Parts of Rice Panicles in Northeast Region of China

HOU Yu-ming¹, LI Hong-yu¹, CHEN Ying-hua¹, QUAN Cheng-zhe²,
YAN Ping³, WU Hong-tao³, CHEN Wen-fu¹, XU Zheng-jin¹

(1. Key Laboratory of Crop Physiology, Ecology, Genetics and Breeding, Ministry of Agriculture, Key Laboratory of Northern Japonica Rice Breeding of Liaoning, Rice Institute of Shenyang Agriculture University, Shenyang 110161, China; 2. Rice Institute of Jilin Province, Gongzhuling 136100, China; 3. Wuchang Rice Institute of Heilongjiang Academy of Agriculture Sciences, Wuchang 150229, China)

Abstract: Using trial variety in rice region of Liaoning, Jilin and Heilongjiang provinces in 2007 as trial materials, all these materials' milling and appearance quality in different parts of panicles were compared in high cropping management level and representative trial region of Shenyang, Gongzhuling and Wuchang cities. The results showed that brown rice rate and head rice rate of Liaoning province was the highest. Milled rice rate of Liaoning was a little higher than that of Jilin and Heilongjiang, however, the difference among three provinces was not significant; the order of grain length and length-width ratio of grain was Heilongjiang>Liaoning>Jilin. Chalkiness degree in Jilin was higher than that in Liaoning and was significantly than that of Heilongjiang. The chalkiness degree and chalkiness percentage of Jilin were also a little higher than that of Liaoning, and these two provinces were all significantly higher than that of Heilongjiang.

Key words: Rice; Northeast region; Milling quality; Appearance quality

近年来东北水稻种植面积在 $3 \times 10^6 \text{ hm}^2$ 上下浮动, 约占全国水稻面积的 10%^[1]。且东北三省生态条件有利于粳稻的种植, 由于米质较好早已闻名海外, 在我国稻米市场中占有重要地位, 是我国重要的

商品粮基地之一。稻米品质的好坏直接关系稻米商品性的好坏^[2], 稻米品质包括碾磨品质、外观品质、蒸煮品质和营养品质。是品种遗传特性和环境以及栽培条件综合作用的结果, 其中起决定作用的是遗

收稿日期: 2009-01-06

基金项目: 辽宁省自然科学基金(20052118); 辽宁省高等学校优秀人才支持计划(2006R48)

作者简介: 侯昱铭(1984-), 女, 辽宁鞍山人, 在读硕士, 主要从事水稻产量生理及遗传基础研究。

通讯作者: 徐正进(1958-), 男, 辽宁营口人, 教授, 博士, 博士生导师, 主要从事水稻产量生理与遗传基础研究。

传因素,但生态环境因子及栽培条件也有较明显的影响。外观品质主要包括粒长、长宽比、白度、垩白率及垩白度等指标^[3-9],它主要影响稻米的商品价值、加工品质和食用品质^[7]。碾磨品质是直接影响水稻产量和稻米商品品质的重要指标^[8-10]。一般认为:结实期的环境温度是影响稻米品质的首要生态因素,结实期高温往往导致稻米垩白粒率、垩白度升高,糙米率、精米率和整精米率下降^[11-17]。关于区域气候条件下稻米碾磨品质的变化规律,程方民^[15]和张高午^[18]等针对我国南方地区水稻曾经做过深入研究,张三元^[19]和张云江^[20]等对东北局部地区稻米的碾磨品质年际间变化方面也做过一些探讨。但是从辽宁南部(N38°43′)到黑龙江北部(N53°10′),生育期 110~170 d,叶片数 10~17 片,≥10℃活动积温 2 100~3 600℃。对纬度、生育期、叶片数以及积温等如此明显差异条件下的水稻形态生理特性及产量和品质,徐正进等^[21]曾对东北三省水稻产量和品质及其与穗部形状关系做了初步研究,矫江等^[22]也做过一些关于东北地区稻米碾磨品质区域变化规律的研究,此外关于不同部位碾磨及外观品质的研究也不多见^[23-27],且有关东北三省水稻不同部位碾磨及外观品质的研究更是未见先例,有必要进一步深入研究。

本试验是在此基础上对东北三省稻米穗上不同部位碾磨品质和外观品质的变化规律进行比较研究,有利于进一步明确不同地区品种特点,以便为确立优质稻米生产基地,减少碾磨品质造成的损失、充分发挥不同地区生态优势、提高稻米生产经济效益以增加东北稻区的国内、国际竞争力提供参考依据。本研究以区域试验多个品种综合反映不同地区品种特性及其与环境条件的关系。

1 材料和方法

以 2007 年辽宁、吉林、黑龙江三省水稻区域试验品种(品系)为试材,当年东北三省气象条件和生产情况正常,试验结果基本上可以代表各地常年产量水平。同时选择栽培管理水平高、有代表性的三省水稻研究所所在地的区试点。其中辽宁沈阳点(N41°8′、E123°38′)试验地为棕壤土,14 个品种,4 次重复,6 m 行长,7 行区,小区面积 12.6 m²,4 月 12 日播种,播种量 0.2 kg/m²,5 月 20 日移栽本田。吉林公主岭点(N43°83′、E124°48′)试验地为黑钙土,16 个品种,3 次重复,7 m 行长,7 行区,小区面积 14.7 m²,4 月 11 日播种,播种量 0.2 kg/m²,5 月 21 日移栽本田。黑龙江五常试验点(N44°4′、E126°33′)试验地为

河积冲壤土,10 个品种,3 次重复,10 m 行长,6 行区,小区面积 18 m²,4 月 15 日播种,播种量 0.3 kg/m²,5 月 15 日移栽本田。三个点试验地地势平坦,肥力中等,河水灌溉,采用随机区组设计,栽植密度 30 cm×13.3 cm,每穴 3 苗,试验栽培管理参照当地生产田。

成熟期收获前调查每小区除边行外长势均匀的 1 行的穗数,每小区按平均穗数取有代表性的 8 穴,收获后自然风干,脱粒测定小区产量,按照一次枝梗数的平均数将穗分为上、中、下三个部分,进而分出上部一次枝梗(上一)、上部二次枝梗(上二)、中部一次枝梗(中一)、中部二次枝梗(中二)、下部一次枝梗(下一)、下部二次枝梗(下二)六部分,六部分分别脱谷测定其碾磨品质(糙米率、精米率、整精米率),同时用日本产 ES-1000 大米外观品质判别仪测定其外观品质(粒长、粒宽、长宽比、白度、垩白度、垩白率)。

2 结果与分析

2.1 不同穗位间碾磨品质比较

2.1.1 糙米率的比较 糙米率的趋势如下(表 1):辽宁>黑龙江>吉林,黑龙江和吉林之间差异不大;上部一次枝梗吉林高于辽宁,二省均极显著高于黑龙江;中部一次枝梗糙米率是吉林>辽宁>黑龙江,三省之间差异均达到显著水平,吉林、辽宁极显著高于黑龙江;下部二次枝梗的趋势是辽宁>吉林>黑龙江,其中辽宁显著高于吉林;而上部二次枝梗的糙米率的趋势是辽宁>吉林>黑龙江,但三者之间差异不显著;中部二次枝梗和下部一次枝梗都表现出辽宁>黑龙江>吉林的趋势,三省之间差异均未达到显著水平。

2.1.2 精米率的比较 从表 2 可以看出,精米率省份间差异为辽宁>黑龙江>吉林;辽宁上部一次枝梗的精米率>黑龙江>吉林,辽宁与黑、吉两省差异达显著水平;上部二次枝梗吉林>黑龙江>辽宁;中部一次枝梗辽宁>黑龙江>吉林;中部二次枝梗黑龙江>辽宁>吉林;下部一次枝梗辽宁>黑龙江>吉林;下部二次枝梗则是辽宁<黑龙江<吉林;除上部一次枝梗外三省之间差异均未达到显著水平。

2.1.3 整精米率的比较 总体看(表 3)整精米率辽宁>黑龙江>吉林,辽宁略高于黑龙江,且两省与吉林之间差异达到极显著;上部一次枝梗及下部一次枝梗的整精米率均呈现辽宁>黑龙江>吉林的趋势,三省之间差异达到极显著水平;而上部二次枝梗则黑龙江>辽宁>吉林,但三省间差异不显著;中部一次枝梗辽宁>黑龙江>吉林,且辽宁与吉林间差

异达到显著;中部二次枝梗则是黑龙江> 辽宁> 吉林,且黑龙江与吉林间差异显著;下部二次枝梗黑龙江略高于辽宁和吉林,三省间差异不显著。

表 1 不同穗位间糙米率比较

		Tab. 1 Comparison of brown rice rate in different parts of panicles						
性状 Character		平均值 Mean	穗上部位 Part of the panicle					
			上一 UPB	上二 USB	中一 MPB	中二 MSB	下一 BPB	下二 BSB
黑龙江 Heilongjiang	平均数 Mean	79. 44 bA	79. 20 bB	79. 78 aA	80. 27 cB	79. 25 aA	80. 05 aA	78. 06 abA
	CV	0. 38	0. 79	0. 77	0. 22	0. 34	0. 34	1. 01
	最大值 Max	86. 57	82. 80	86. 32	86. 57	84. 06	85. 06	81. 26
	最小值 Min	60. 35	60. 35	74. 76	77. 99	72. 41	76. 52	72. 06
吉林 Jilin	平均数 Mean	79. 59 bA	81. 40 aA	80. 55 aA	81. 50 aA	77. 98 aA	79. 08 aA	77. 02 bA
	CV	1. 00	0. 49	1. 03	0. 26	3. 67	3. 47	1. 07
	最大值 Max	86. 16	83. 77	86. 16	84. 12	82. 07	83. 29	83. 75
	最小值 Min	63. 31	77. 95	72. 50	75. 68	70. 83	70. 96	63. 31
辽宁 Liaoning	平均数 Mean	80. 53 aA	80. 95 aA	81. 07 aA	80. 99 bA	80. 32 aA	80. 76 aA	79. 07 aA
	CV	0. 11	0. 31	0. 40	0. 09	0. 53	0. 46	0. 44
	最大值 Max	86. 33	86. 33	84. 23	83. 96	84. 27	82. 49	83. 64
	最小值 Min	70. 56	78. 44	77. 26	78. 57	72. 12	72. 77	70. 56

表 2 上不同穗位间精米率比较

		Tab. 2 Comparison of milled rice rate in different parts of panicles						
性状 Character		平均值 Mean	穗上部位 Part of the panicle					
			上一 UPB	上二 USB	中一 MPB	中二 MSB	下一 BPB	下二 BSB
黑龙江 Heilongjiang	平均数 Mean	66. 66aA	66. 12bA	70. 35aA	67. 33aA	66. 83aA	64. 41aA	64. 89aA
	CV	1. 70	0. 83	1. 15	4. 82	2. 05	1. 11	1. 87
	最大值 Max	91. 36	74. 39	79. 76	91. 36	76. 86	75. 79	73. 87
	最小值 Min	41. 37	41. 37	51. 76	42. 77	46. 97	51. 25	41. 95
吉林 Jilin	平均数 Mean	65. 99aA	66. 03bA	72. 37aA	67. 14aA	63. 22aA	61. 96aA	65. 23aA
	CV	1. 54	1. 27	2. 02	1. 81	3. 09	2. 03	3. 88
	最大值 Max	91. 96	72. 84	91. 96	74. 11	71. 13	68. 60	76. 82
	最小值 Min	13. 69	56. 97	63. 32	55. 60	49. 53	13. 69	48. 34
辽宁 Liaoning	平均数 Mean	66. 68aA	68. 53aA	69. 87aA	69. 23aA	63. 26aA	65. 94aA	63. 26aA
	CV	1. 19	0. 73	1. 60	2. 07	1. 11	5. 77	0. 98
	最大值 Max	84. 98	74. 68	84. 98	75. 00	78. 99	73. 24	73. 55
	最小值 Min	40. 28	53. 36	40. 28	42. 57	50. 52	53. 75	48. 97

表 3 不同穗位间整精米率比较

		Tab. 3 Comparison of head rice rate in different parts of panicles						
性状 Character		平均值 Mean	穗上部位 Part of the panicle					
			上一 UPB	上二 USB	中一 MPB	中二 MSB	下一 BPB	下二 BSB
黑龙江 Heilongjiang	平均数 Mean	59. 05aA	57. 24bB	64. 70aA	59. 17abA	59. 75aA	55. 39bB	58. 02aA
	CV	1. 17	0. 73	0. 60	3. 91	2. 30	1. 87	2. 83
	最大值 Max	75. 92	71. 52	72. 82	75. 92	70. 89	69. 35	69. 61
	最小值 Min	26. 36	34. 66	38. 77	26. 36	43. 35	31. 82	31. 34
吉林 Jilin	平均数 Mean	55. 43bB	52. 83cC	64. 30aA	54. 51bA	54. 12bA	49. 92cC	56. 91aA
	CV	1. 74	1. 33	0. 73	3. 34	2. 85	1. 82	5. 46
	最大值 Max	74. 87	64. 82	74. 87	70. 27	64. 47	65. 86	71. 16
	最小值 Min	11. 69	38. 23	50. 07	35. 03	37. 70	11. 69	38. 28
辽宁 Liaoning	平均数 Mean	60. 13aA	59. 54aA	64. 60aA	62. 61aA	56. 55abA	60. 31aA	57. 19aA
	CV	0. 70	1. 09	1. 42	2. 66	0. 80	1. 97	1. 69
	最大值 Max	77. 67	70. 79	77. 67	73. 43	74. 09	70. 42	69. 43
	最小值 Min	36. 23	38. 96	37. 34	40. 65	37. 75	36. 23	39. 09

2.2 不同穗位间外观品质比较

2.2.1 粒长的比较

从图 1 可以看出,总体上黑龙江粒长最长,其次是辽宁,吉林最短,且三省之间差异达到极显著水平;但是上部一次枝梗却呈现出不

同趋势, 辽宁极显著长于吉林极显著长于黑龙江; 上部二次枝梗和下部二次枝梗的粒长均是辽宁显著长于吉林, 且二省极显著短于黑龙江; 中部一次枝梗上黑龙江略高于辽宁, 极显著高于吉林, 辽宁与吉林之间差异达到显著; 中部二次枝梗则与总体呈现出一致的趋势; 下部一次枝梗黑龙江略高于辽宁, 二省均极显著高于吉林。

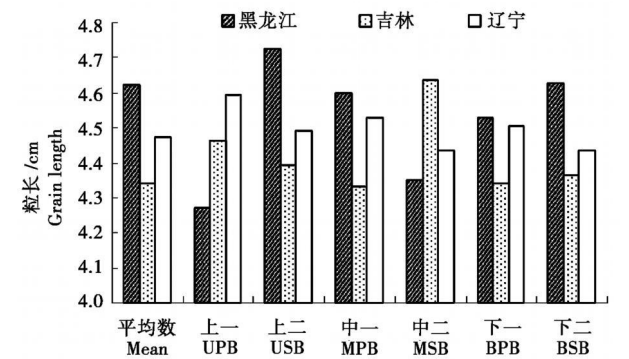


图1 粒长的比较

Fig. 1 Comparison of grain length

2.2.2 长宽比的比较 从三省的长宽比来看总体上黑龙江> 辽宁> 吉林, 三省之间差异达到极显著水平; 上部一次枝梗、中部二次枝梗及下部二次枝梗均与整体趋势一致; 上部二次枝梗三省之间差异仍达到显著水平, 只是辽宁与吉林之间未达到极显著; 中部一次枝梗黑龙江极显著高于另两省, 辽宁略高于吉林, 二者差异不显著; 下部一次枝梗黑龙江> 吉林> 辽宁, 且均达到极显著水平(图2)。

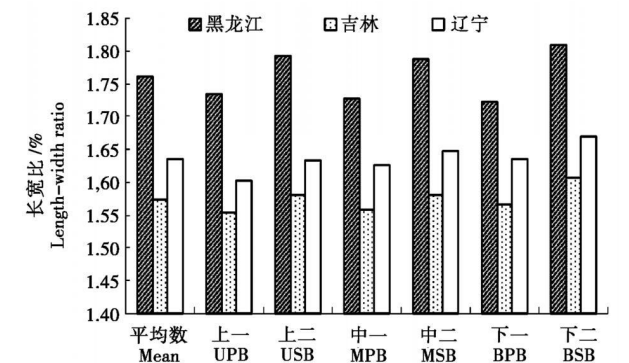


图2 长宽比的比较

Fig. 2 Comparison of length-width ratio

2.2.3 白度的比较 白度的平均值, 吉林略高于辽宁, 显著高于黑龙江(图3); 中部二次枝梗的趋势与总体一致; 上部一次枝梗白度吉林显著高于辽宁和黑龙江, 辽宁略高于黑龙江, 但二省之间差异不显著; 上部二次枝梗吉林略高于辽宁, 二省显著高于黑龙江; 中部一次枝梗吉林> 黑龙江> 辽宁, 吉林与辽宁之间差异显著; 下部一次枝梗吉林> 黑龙江> 辽宁, 三省之间差异显著, 且吉林与辽宁之间差异达到极显著; 下部二次枝梗辽宁的白度比较高与吉林之

间差异达到显著, 与黑龙江间差异不显著。

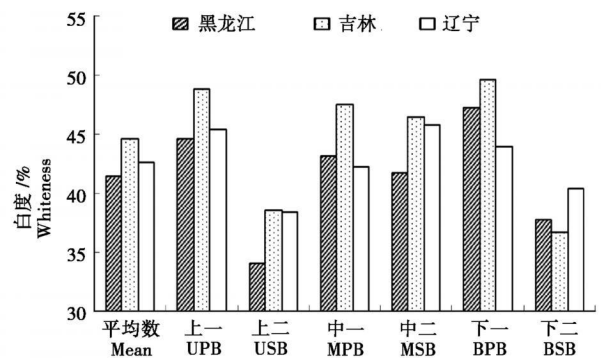


图3 白度的比较

Fig. 3 Comparison of whiteness

2.2.4 垩白度的比较 分析图4可以看出, 总体和上部一次枝梗均呈现出吉林高于辽宁, 二省极显著高于黑龙江; 而上部二次枝梗和下部二次枝梗则是辽宁高于黑龙江, 二省均极显著高于黑龙江; 中部一次枝梗吉林显著高于辽宁, 极显著高于黑龙江; 中部二次枝梗吉林高于辽宁和黑龙江, 其中吉林和黑龙江之间差异达到极显著; 下部一次枝梗吉林> 辽宁> 黑龙江, 三省之间差异显著, 且吉林与其他两省之间差异极显著。

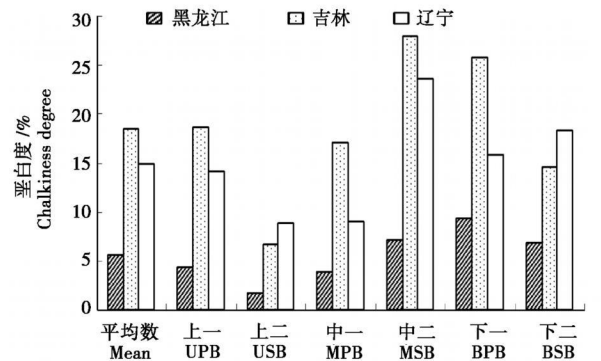


图4 垩白度的比较

Fig. 4 Comparison of chalkiness degree

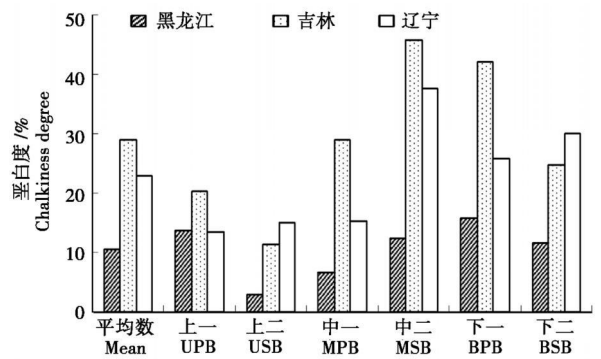


图5 垩白率的比较

Fig. 5 Comparison of chalkiness rate

2.2.5 垩白率的比较 总体来看吉林垩白度略高于辽宁, 二省均极显著高于黑龙江(图5); 上部一次枝梗吉林极显著高于黑龙江和辽宁, 黑龙江略高于

辽宁,二者之间差异不显著;上部二次枝梗和下部二次枝梗趋势一致,均为辽宁最高,高于吉林,二省极显著高于黑龙江;中部一次和二次枝梗均为吉林>辽宁>黑龙江,吉林与黑龙江之间差异达到极显著水平;下部一次枝梗吉林>辽宁>黑龙江,三者之间差异均达到显著,且吉林与另两省之间达到极显著。

3 结论与讨论

总体看来东北三省的糙米率较高,均接近或略高于80%,其中辽宁的糙米率最高,与其他两省之间差异达到显著水平;除了上部一次枝梗和中部一次枝梗略低于吉林外,其他四个部位糙米率均高于其他两省。三省精米率的平均值均达到60%以上,其中辽宁最高,但三省间上部一次枝梗外差异均不显著。糙米率、精米率和整精米率是主要碾磨品质指标,其中提高整精米率是水稻特别是北方粳稻难度较大的育种目标之一^[27, 28]。辽宁省的整精米率最高,平均达到了60%,穗上各个部位的平均值均在56%以上。一般研究结果表明,整精米率与粒长呈负相关,细长粒的整精米率较低^[29],但本研究并没有印证这一结果,反而是粒长最短、长宽比最小的吉林品种整精米率最低。可见整精米率受很多因素的控制,单一粒形不能对其起决定性作用。

垩白度、垩白率、白度是评价大米外观品质的决定因素,降低垩白粒率也是水稻特别是北方粳稻另一个难度较大的育种目标之一^[28]。吉林品种的白度最高,穗上各个部位均高于其他两省,而且该省的垩白度和垩白率也高于其他两省。过去的研究结果,一般细长粒垩白率较低,粗短粒垩白率较高^[29, 30]。本研究中黑龙江的粒长、长宽比最大,辽宁次之,吉林最小,垩白率正是吉林>辽宁>黑龙江,与李成荃等^[29]研究的结果一致。但也有研究曾表明粒形并不是影响垩白率的主要因素^[31],究竟粒形与垩白率的关系甚至与加工品质的关系如何有待于进一步的研究。本研究结果表明,所选的黑龙江品种外观品质最优,粒形细长,白度、垩白度、垩白率最低,但糙米率较低、整精米率也不高。因此黑龙江在今后的品种选育过程中当把提高碾磨品质作为工作的重点。而辽宁的碾磨品质较优,加工品质较黑龙江略差,尤其从研究的结果来看辽宁主要是中部和下部二次枝梗的垩白度和垩白率偏高,影响了整体水平,可见提高稻米的外观品质尤其是中下部二次枝梗的外观品质将是辽宁水稻育种工作者今后工作的重点。吉林品种粒形普遍为小圆粒,但在本研究中不管从碾磨品质还是加工品质来看,吉林品种

在三省中均处于劣势,在提高产量的同时兼顾到品质的提高是吉林水稻育种工作者应该注意的问题。

本试验的试材为三省的区域试验品质,具有一定的代表性。但本试验中有一些结果与前人的研究相左,究竟是年际间差异还是品种间差异还需要进一步探讨。

参考文献:

- [1] 邓华凤,何强,舒服,等.中国杂交粳稻研究现状和对策[J].杂交水稻,2006,21(1):1—1.
- [2] 陈跃进.粳稻优质米新品种选育的研究[J].湖北农学院学报,1995,15(4):253—257.
- [3] TanY F, XingY Z, Li J X, *et al.* Genetic bases of appearance quality of rice grains in Shanyou63, an elitenice hybrid[J]. Theor Appl Genet, 2000, 101: 823—829.
- [4] Shi C H, He C X, Zhu J, *et al.* Analysis of genetic effects and genotype environment interaction effects for apparent quality traits of indicarice[J]. Chinese J Rice Sci, 1999, 13(3): 179—182.
- [5] 石春海,朱军.粳稻稻米外观品质与其它品质性状的相关性分析[J].浙江农业大学学报,1994,20(6):606—610.
- [6] 张坚勇,肖应辉,万向元.水稻品种外观品质性状稳定性分析[J].作物学报,2004,30(6):548—554.
- [7] 杨联松,白一松,许传万,等.水稻粒形与稻米品质间相关性研究进展[J].安徽农业科学,2001,29(3):312—316.
- [8] 闵绍楷,申宗坦,熊振民.水稻育种学[M].北京:中国农业出版社,1996:322—353.
- [9] 熊振民,蔡洪法.中国水稻[M].北京:中国农业科技出版社,1992:164—180.
- [10] 莫惠栋.我国稻米品质改良[J].中国农业科学,1993,26(4):8—14.
- [11] 胡孔峰,杨泽敏,朱永桂,等.垩白与稻米品质的相关性研究进展.湖北农业科学,2003(1):19—22.
- [12] 黄发松,罗玉坤,庞乾林.我国优质稻米的生产现状和发展对策[J].中国稻米,1998(6):3—6.
- [13] 朱美静.环境因子对宁夏水稻品质性状的影响[J].宁夏农林科技,2002(2):17—19.
- [14] 孟亚利,周治国.结实期温度与稻米品质的关系[J].中国水稻科学,1997,11(1):51—54.
- [15] 程方民,钟连进.不同气候生态条件下稻米品质性状的变异及主要影响因子分析[J].中国水稻科学,2001,15(3):187—191.
- [16] 李晓鸣.矿质镁对水稻产量及品质影响的研究[J].植物营养与肥料学报,2002,8(1):125—126.
- [17] 沈波,陈能.温度对早粳稻米垩白发生与胚乳形成的影响[J].中国水稻科学,1997,11(3):183—186.
- [18] 张高午.我国南北气候过渡地区稻米品质的地域分布

[J]. 应用生态学报, 1993(1): 42—46.

[19] 张三元, 石玉海. 不同环境条件对稻米品质的影响 [J]. 吉林农业科学, 1988(4): 69—82.

[20] 张云江, 赵镛洛. 寒地稻米品质现状及改良目标 [J]. 黑龙江农业科学, 2000(3): 45—47.

[21] 徐正进, 邵国军, 韩 勇, 等. 东北三省水稻产量和品质及其与穗部性状关系的初步研究 [J]. 作物学报, 2006, 32(12): 1878—1883.

[22] 矫 江, 王伯伦, 寇洪萍. 东北地区稻米碾磨品质区域变化规律研究 [J]. 中国粮油学报, 2003, 18(3): 10—12.

[23] 王嘉宇, 徐正进, 张世春, 等. 水稻穗不同部位籽粒品质性状差异的比较 [J]. 华北农学报, 2008, 23(1): 96—100.

[24] 金 峰, 陈书强, 徐正进, 等. 直立与弯曲穗型水稻穗上不同部位籽粒碾磨品质的比较 [J]. 中国水稻科学, 2008, 22(2): 167—174.

[25] 陈书强, 金 峰, 王嘉宇, 等. 两种穗型粳稻不同粒位籽粒垩白性状的比较分析 [J]. 华北农学报, 2008, 23(2): 1—8.

[26] 董明辉, 桑大志, 王 朋, 等. 水稻穗上不同部位籽粒碾米品质的差异 [J]. 中国农业科学, 2005, 38(10): 1973—1979.

[27] 董明辉, 桑大志, 王 朋, 等. 水稻穗上不同部位籽粒垩白性状的差异 [J]. 作物学报, 2006, 32(1): 103—111.

[28] 胡培松, 翟虎渠, 万建民. 中国水稻生产新特点与稻米品质改良 [J]. 中国农业科技导报, 2002, 4(4): 33—39.

[29] 李成荃, 孙 明, 许克农, 等. 杂交粳稻品质性状的遗传研究 I . 碾米品质与籽粒外观性状的相关和途径分析 [J]. 杂交水稻, 1988, 3(3): 32—35.

[30] 李 欣, 莫惠栋, 王安民, 等. 粳型杂种稻米品质性状的遗传表达 [J]. 中国水稻科学, 1999, 13(4): 197—204.

[31] 徐正进, 陈温福, 马殿荣, 等. 稻谷粒形与稻米主要品质性状的关系 [J]. 作物学报, 2004, 30(9): 894—900.