

# 生育期冷水灌溉对寒地水稻主要农艺性状的影响

孙世臣<sup>1,2</sup>, 洛育<sup>1</sup>, 刘化龙<sup>1</sup>, 邹德堂<sup>1</sup>, 张凤鸣<sup>2</sup>

(1 东北农业大学, 哈尔滨 150030; 2 黑龙江省农科院耕作栽培所, 哈尔滨 150086)

**摘要:**应用 75 个水稻品种(系), 研究了生育期冷水灌溉对寒地水稻主要农艺性状的影响。结果表明, 在主要农艺性状中, 结实率的冷水反应指数(CRI)值相对较小, 受低温冷害程度较大, 穗粒数和秆长的 CRI 值相对较大, 低温冷害对其影响较小; 相关分析表明: 穗颈长和结实率的 CRI 值与秆长的 CRI 值均呈极显著正相关, 穗长的 CRI 值与秆长的 CRI 值呈显著正相关; 穗颈长的 CRI 值与结实率的 CRI 值呈极显著正相关; 穗粒数的 CRI 值与穗长的 CRI 值呈显著正相关。

**关键词:**水稻; 耐冷性; 农艺性状

中图分类号: S 511

文献标识码: A

文章编号: 1002-2767(2007)04-0014-03

## Effect of Cold Water Irrigating in Growth Duration on Agronomic Traits of Rice in Cold Region

SUN Shi-chen<sup>1,2</sup>, LUO Yu<sup>1</sup>, LIU Hua-long<sup>1</sup>, ZOU De-tang<sup>1</sup>, ZHANG Feng-ming<sup>2</sup>

(1. Northeast Agricultural University, Harbin 150030; 2 Crop Tillage and Cultivation Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086)

**Abstract:** 75 varieties or lines were studied on effect of irrigation in growth duration on some agronomic traits of rice in cold region. The results showed that value of cold water response index (CRI) of seed setting rate was low, but CRI of seed spikelets per panicle and CRI of culm length were high. Correlating analysis indicated that CRI value of culm length was very significant positively correlated to that of panicle neck length and seed setting rate and was significant positively correlated to that of panicle length; CRI value of panicle neck length was very significant positively correlated to that of seed setting rate; CRI value of grains per panicle was significant positively correlated to that of panicle length.

**Key words:** rice; cold tolerance; agronomic traits

近 20 多年来, 为了减少低温冷害对水稻生产的负面影响, 国内外许多学者相继开展水稻耐冷性的生理、遗传和育种等方面的研究, 使水稻耐冷育种技术和方法有了较大的改进, 在理论和实践上取得较大进展<sup>[1,2]</sup>, 以往这方面的研究多局限于籼稻, 而对粳稻特别是高寒稻作区的粳稻研究甚少。然而, 在寒带、温带和高海拔地区水稻低温冷害仍然频繁发生, 严重制约着这些地区水稻生产的稳步发展。

黑龙江省是我国水稻主产区, 水稻生产关系到国家粮食安全。2002 年及 2003 年黑龙江省遭遇了

历史罕见的低温冷害, 损失惨重。因此, 为了保障国家粮食安全, 发展寒地稻作, 在已有研究基础上, 不断深入开展水稻耐冷性研究至关重要。这将丰富和完善水稻耐冷性基础理论, 对水稻耐冷性育种的快速发展有着重要的指导意义。

### 1 材料与方法

本试验选取东北农业大学水稻育种研究室收藏的部分寒地水稻种质资源材料 75 个品种(系), 4 月中旬播种育秧, 5 月中旬插秧于大田, 单本插, 插秧规格 10 cm×30 cm, 行长 6 m, 从插秧后 25 d 起, 用

收稿日期: 2007-01-31

第一作者简介: 孙世臣(1979-), 黑龙江省东宁县人, 男, 实研, 东北农业大学在读博士研究生, 主要从事水稻育种、栽培研究。E-mail: shichensun@yahoo.com.cn.

(17±1)℃冷水处理至成熟期, 保持水深 8~10 cm, 并设大田正常灌溉为对照。每处理 3 次重复, 随机区组设计, 施肥、除草以及病虫害防治等栽培管理方法遵循大田标准<sup>[3,4]</sup>。

75 个品种(系)两种处理分别取样, 每个品种(系)随机取 3 穴, 每穴取 5 穗, 分别调查秆长、穗长、每株穗数、每穗粒数和结实率等农艺性状, 并计算主要农艺性状的冷水反应指数(Cold-water response index, CRI)。

冷水反应指数(CRI)=(冷水处理区性状表型值/自然区性状表型值)×100%

## 2 结果与分析

### 2.1 生育期冷水灌溉对主要农艺性状的影响

在全生育期冷水灌溉处理下 75 个水稻品种(系)主要农艺性状的冷水区表型值和冷水反应指数

(CRI)列于下表。大部分水稻品种(系)的穗颈长、穗长、穗粒数、秆长及结实率的 CRI 值小于 100%, 说明对大多数寒地稻区的水稻品种而言, 冷水处理使各主要农艺性状表型值小于对照区。在供试品种(系)中, 东农 416 的主要农艺性状 CRI 值较大, 说明它对冷水反应较迟钝, 而吉农大 3 号、小白稻、吉 86—11 和丰优 301 的主要农艺性状的 CRI 值较小, 说明这些品种(系)对冷水反应较敏感。在主要农艺性状中, 结实率的 CRI 值相对较小, 受低温冷害程度较大, 穗粒数和秆长的 CRI 值相对较大, 低温冷害对其影响较小。

就 CRI 的标准差和变异系数来说, 穗颈长和结实率的变异系数较大, 穗长和秆长的变异系数较小, 说明冷水灌溉对不同品种的影响主要表现在穗颈长和结实率, 而穗长和秆长品种间表现较小的差异。

表 冷水处理下水稻主要农艺性状的冷水反应差异

品种(系)	穗颈长		穗长		穗粒数		秆长		结实率	
	PF/cm	CRI/%	PF/cm	CRI/%	PF/cm	CRI/%	PF/cm	CRI/%	PF/cm	CRI/%
吉丰 10 号	3.7	47.8	17.8	91.4	150.7	95.4	71.6	85.6	8.2	8.5
特优 16	1.7	34.5	19.6	99.5	137.1	100.3	71.0	85.0	9.3	10.0
丰优 503	3.0	112.5	16.5	86.9	126.6	89.4	68.1	83.8	5.0	6.2
绥 112	11.0	113.8	15.1	83.0	64.8	60.9	74.9	96.7	69.1	73.7
龙选 948	4.5	87.1	14.7	90.8	86.0	90.4	74.0	103.5	71.5	86.3
99F—13	2.0	35.3	18.9	95.5	155.3	99.1	74.1	85.0	10.0	10.8
特优 14	3.0	66.7	18.1	94.5	129.0	100.8	68.2	80.4	32.9	39.3
丰优 303	1.2	21.4	15.3	75.2	104.2	76.7	75.6	80.2	5.1	7.5
晋富 1 号	6.3	126.7	15.6	87.0	64.6	88.3	66.4	100.0	62.5	65.2
通育 250	3.3	62.5	20.5	83.7	111.7	88.6	71.2	84.5	31.6	43.5
晋富稻	1.3	26.3	17.1	88.2	109.7	78.3	70.5	87.5	28.6	31.5
晋富 19	5.7	47.9	18.9	87.6	147.0	104.8	68.4	87.6	5.4	5.8
吉农大 3 号	3.0	40.0	15.0	77.2	198.3	127.7	68.7	80.2	0.0	0.0
东农 9119	6.3	79.2	15.3	86.6	93.0	76.6	71.4	91.1	42.7	43.6
农林 20	10.0	90.9	14.6	91.1	76.3	98.1	76.8	97.2	69.7	72.8
组培 2 号	1.3	33.3	17.1	79.0	79.0	52.8	67.2	86.4	47.9	59.2
晋富 13	3.7	66.7	18.2	92.5	122.8	96.3	68.5	91.7	11.8	12.3
晋富 15	12.3	123.3	17.7	90.2	103.4	86.7	79.7	91.1	80.0	85.5
东农 418	2.7	53.3	18.8	93.1	130.6	90.0	71.6	96.1	38.9	40.1
星交 503	5.0	75.0	18.7	89.2	113.3	93.4	63.3	85.1	16.4	18.3
丰源 603	6.3	118.8	15.7	86.4	76.2	86.5	64.9	91.7	56.1	58.3
小白稻	3.0	75.0	17.8	84.7	122.4	92.5	60.5	79.0	3.5	3.6
延 401	2.0	40.0	16.2	81.8	123.7	77.0	61.4	80.8	8.6	9.8
吉丰 2605	2.3	36.8	15.8	79.3	108.7	74.0	59.9	80.3	25.2	30.4
吉 86—11L26	3.7	61.1	16.3	86.0	99.6	88.1	65.0	77.4	8.0	8.7
东农 3114	5.3	82.1	15.7	92.1	66.8	85.6	64.6	100.0	66.6	70.9
东农 92—19	4.7	56.0	15.1	91.9	124.1	116.0	66.9	78.5	16.6	17.0
东农 9220	5.3	64.0	15.8	95.1	112.9	92.7	70.2	81.9	22.3	22.7
奇丰 1 号	4.3	58.0	17.3	81.5	169.2	112.2	72.0	82.7	8.1	9.6
吉丰 10 号	1.7	48.5	16.1	81.4	129.0	91.1	65.2	83.4	22.5	25.3

(续表)

品种(系)	穗颈长		穗长		穗粒数		秆长		结实率	
	PF/cm	CRI/%	PF/cm	CRI/%	PF/cm	CRI/%	PF/cm	CRI/%	PF/cm	CRI/%
晋富 20	1 7	20 8	16 1	80. 6	129. 3	80. 8	62. 9	76. 1	13. 2	13. 3
东农 715	4 0	60 0	10 4	57. 4	77. 7	77. 2	43. 9	60. 6	43. 1	44. 8
4227×富士光	5 3	88 9	14 8	97. 3	58. 8	106. 4	60. 2	93. 9	47. 5	52. 6
合交 91061—2	6 0	94 7	16 1	90. 3	95. 3	96. 6	66. 9	89. 4	38. 6	39. 5
通系 120	5 0	88 2	18 4	104. 7	96. 1	133. 5	69. 0	102. 2	61. 2	62. 7
石狩白毛	10 3	86 1	15 3	92. 6	98. 3	109. 5	73. 0	90. 4	63. 4	65. 5
合江 19	4 0	44 4	13 7	94. 3	72. 2	107. 4	59. 9	96. 5	69. 9	73. 2
富士光	4 0	63 2	18 6	91. 3	80. 3	77. 0	69. 1	86. 7	38. 2	40. 3
松 237	7 0	30 1	16 5	92. 4	81. 3	102. 1	67. 8	112. 2	63. 0	65. 7
松 269	7 3	104 8	13 6	74. 3	84. 6	68. 9	71. 4	90. 7	59. 2	61. 1
松 938	3 3	52 6	18 6	85. 6	154. 7	109. 4	72. 7	88. 4	39. 8	42. 4
特优 14	6 3	79 2	15 9	88. 1	61. 3	80. 6	63. 4	94. 8	69. 1	75. 2
丰优 307	2 0	30 0	17 2	98. 4	132. 2	121. 1	66. 4	78. 3	26. 9	27. 6
丰优 301	3 0	37 5	16 1	37. 9	111. 4	84. 2	70. 9	116. 6	4. 6	4. 7
富源 4 号	2 3	31 8	18 5	87. 1	162. 8	106. 8	73. 9	82. 9	23. 3	25. 7
特优 21	5 7	60 7	21 1	84. 5	182. 8	101. 7	75. 6	93. 3	22. 2	24. 6
东农 98—25	6 3	59 4	16 9	79. 5	138. 3	100. 4	64. 4	80. 1	38. 6	40. 7
特优 13	2 7	53 3	19 4	86. 7	169. 9	94. 6	73. 3	86. 9	61. 6	67. 5
松 97—98	7 7	109 5	16 7	84. 6	104. 6	73. 5	74. 0	88. 1	81. 8	83. 7
东农 9601	1 7	35 7	17 0	82. 0	77. 7	72. 7	66. 7	85. 9	59. 7	63. 7
雪光	3 7	50 0	13 5	81. 3	49. 7	68. 5	52. 2	73. 8	62. 0	64. 9
京引 59	3 7	91 7	14 3	84. 0	46. 1	72. 9	55. 0	87. 8	69. 6	72. 5
上育 397	4 7	73 7	13 7	89. 1	54. 0	91. 0	56. 9	91. 5	70. 2	72. 1
延 105	3 3	38 5	17 7	100. 3	130. 2	179. 8	74. 9	102. 2	45. 0	53. 4
东农 416	5 0	78 9	15 8	96. 2	69. 4	111. 4	63. 6	96. 4	90. 5	99. 5
雪糯	8 7	110 6	13 1	84. 5	53. 7	71. 2	63. 3	106. 3	70. 7	73. 9
宾旭	4 7	73 7	15 7	84. 6	65. 2	75. 4	66. 9	94. 2	86. 6	89. 2
彩稻	7 3	104 8	14 8	85. 3	71. 0	99. 4	61. 9	98. 2	76. 8	78. 1
通育 139	3 0	58 1	18 9	78. 7	125. 6	68. 1	65. 8	89. 1	56. 0	58. 4
垦香糯	4 7	84 8	17 1	99. 2	105. 3	100. 3	60. 6	88. 1	58. 0	61. 3
东农 421	6 0	94 7	16 6	90. 5	80. 7	91. 4	64. 4	94. 2	48. 8	50. 3
道北 43	4 0	66 7	16 4	93. 2	73. 1	69. 4	65. 9	96. 9	80. 2	83. 9
垦 92—509	3 7	157 1	17 0	87. 4	73. 1	78. 9	72. 0	98. 8	89. 0	92. 8
东农 423	2 0	85 7	16 3	84. 8	149. 0	95. 9	65. 8	94. 1	45. 2	56. 0
组培 64	3 3	125 0	20 6	90. 3	198. 8	123. 4	63. 4	90. 8	45. 4	48. 2
寒九	4 3	68 4	15 5	96. 4	105. 2	93. 2	72. 5	106. 2	73. 3	81. 5
系选 1 号	9 7	116 0	19 2	80. 5	122. 7	79. 5	81. 8	97. 6	70. 7	73. 3
合江 23	9 3	100 0	15 8	92. 8	80. 2	91. 4	65. 2	91. 0	84. 1	88. 2
新雪	12 3	137 0	14 4	83. 4	65. 2	67. 4	69. 9	91. 5	91. 0	93. 7
长粒香	2 7	42 1	19 2	85. 5	134. 4	96. 0	62. 1	87. 7	74. 5	77. 8
沙沙尼	2 0	35 3	16 8	85. 2	77. 2	83. 4	72. 2	85. 7	83. 9	87. 5
牡 16—1	2 5	39 5	12 8	64. 7	119. 2	117. 2	45. 2	52. 4	53. 4	55. 0
松 98—10	1 3	30 8	15 5	85. 9	85. 1	91. 4	56. 8	88. 4	86. 0	87. 8
品糯 19	2 0	28 6	18 3	88. 2	173. 0	108. 3	71. 7	86. 8	64. 5	66. 2
星之梦	3 0	52 9	13 6	90. 9	59. 2	105. 8	60. 4	101. 2	93. 7	96. 6
平均数	4 5	71 9	16 6	86 9	105. 8	92 9	66 8	89 4	48 5	51 5
标准差	2 64	40 81	2 13	9 43	36 79	19 00	6 83	10 01	27 49	28 66
变异系数 CV/%	57. 8	56 4	12 8	10 9	34 6	20 5	10 2	11 2	57 2	56 1

(下转 34 页)

规模的较好方案,但尚需修建和完善的灌排渠系工程及投资也居前位,为此根据二、三方案的总工程量和总投资,进行了效益分析和经济评价。详见表4。

表 4 兴凯湖灌区各方案工程量及投资比较

项 目	二方案	三方案
灌区控制面积/ km <sup>2</sup>	1 869. 27	2 306. 87
灌溉面积/ 万 hm <sup>2</sup>	9. 47	12. 47
总工程量/	总工程量: 4 463 52	总工程量: 7 116 84
土 方: 4 357 24	土 方: 6 971 78	
石 方: 72 96	石 方: 100. 26	
砼 方: 33 32	砼 方: 44. 80	
总投资/ 万元	91 055 03	13 0185 04
投资/		
万元 ° hm <sup>-2</sup>	11 516 25	11 917 05
效益/		
万元 ° hm <sup>-2</sup>	2 910	3 240
内部收益率/ %	13 35	13 69

由表4的二方案、三方案工程投资和灌溉效益的经济评价结果得出,虽然三方案每公顷投资较二方案大,但每公顷效益、内部收益率、经济净现值和效益费用比均大于二方案,因此,当该规模的灌区运

行 11 年后,灌区的灌溉效益将明显于好于二方案。

5 结 论

通过上述论证可得:一方案无论是水土资源配置和充分利用现有水源的供水能力上,还是结合灌区现状方面,均劣于二、三方案,故不采用,而三方案的经济效益又好于二方案,因此兴凯湖灌区的发展规模定为总土地面积 23 07 万 hm<sup>2</sup>,规划灌溉水田面积 12 47 万 hm<sup>2</sup>是比较合适的。本规模不仅实现了水土资源的最优配置和经济效益的最大化,且灌区行政隶属于牡丹江农垦分局,有利于今后加快灌区建设和便于灌区运行管理,从而使灌区早日实现供水安全、粮食安全和生态安全相统一,成为当地经济和社会发展的命脉工程。

参考文献:

[ 1] 郭元裕. 农田水利学[ M]. 北京: 水力电力出版社, 1992

[ 2] 孙冬, 孙晓俊. 兴凯湖水文特性[ J]. 东北水利水电, 2006(4): 21, 27.

[ 3] GB3838— 2002, 地表水环境质量标准[ S].

[ 4] 潘向东, 张天桥, 胡耀辉. 节水农业发展之浅探[ J]. 东北水利水电, 2004(7): 51-52.

[ 5] 于景弘. 胖头泡蓄滞洪区范围扩大的可能性分析[ J]. 黑龙江水利科技, 2005(5): 71-72.

(上接 16 页)

2 2 主要农艺性状的冷水反应指数间相关关系

水稻主要农艺性状的冷水反应指数间相关关系分析结果列于表 2。

表 2 水稻主要农艺性状的冷水反应指数间相关关系

性状的冷水 反应指数	穗颈长	穗长	穗粒数	秆长	结实率
穗颈长	1				
穗长	0 128	1			
穗粒数	-0 113	0 395 **	1		
秆长	0 453 **	0 239 *	0 037	1	
结实率	0 360 **	0 207	-0 158	0 423 **	1

注: \*, \*\* 表示在 5% 和 1% 水平上差异显著。

相关分析表明, 穗颈长和结实率的 CRI 值与秆长的 CRI 值呈极显著正相关, 穗长的 CRI 值与秆长的 CRI 值呈显著正相关; 穗颈长的 CRI 值与结实率的 CRI 值呈极显著正相关; 穗粒数的 CRI 值与穗长的 CRI 值呈显著正相关。说明在长期冷水处理下秆长的冷水反应对穗颈长、结实率和穗长的冷水反应产生较大的影响, 秆长的冷水反应较迟钝的材料, 一般其穗颈长、结实率和穗长的冷水反应也较迟钝; 穗颈长的冷水反应较迟钝的材料, 一般其结实率冷水反应也较迟钝; 穗粒数的冷水反应较迟钝的材料,

一般其穗长冷水反应也较迟钝, 否则相反。

3 结论与讨论

低温对寒地水稻的影响主要表现在穗颈长和结实率, 而对穗长和秆长则表现较小的影响。水稻孕穗开花期耐冷性一直以来均以结实率作为评价指标, 而结实率不仅受遗传因素和受精率的高低所控制, 还易受环境因素的影响。其他也有研究结果认为, 花药大小与耐冷性有密切关系<sup>[3,5]</sup>, 因此, 我们认为结实率并非唯一有效的鉴定指标。建议在今后的寒地水稻耐冷育种中应主要参考穗颈长和结实率这两个指标。

参考文献:

[ 1] 韩龙植, 张三元. 水稻耐冷性鉴定评价方法[ J]. 植物遗传资源学报, 2004, 5(1): 75-80

[ 2] 游俊梅, 阮仁超, 陈慧查, 等. 稻种资源耐冷性鉴定与评价指标分析[ J]. 贵州农业科学, 2000, 28(3): 34-36

[ 3] 叶昌荣, 廖新华, 戴陆园, 等. 水稻品种孕穗期耐冷性构成因子分析[ J]. 中国水稻科学, 1998, 12(1): 6-10

[ 4] 戴陆园, 叶昌荣, 余琼琼, 等. 水稻耐冷性研究[ J]. 西南农业学报, 2002, 15(1): 41

[ 5] 戴陆园, 叶昌荣, 熊建华, 等. 水稻耐冷性鉴定评价方法[ J]. 中国水稻科学, 1999, 12(1): 62

[ 6] 张三元, 李彻, 石玉海, 等. 吉林省水稻品种耐冷特性研究[ J]. 吉林农业科学, 1996(1): 16-20