

## 研究报告

### A Letter

# 春小麦抗性淀粉含量与其它品质相关性状的相关分析

王琳<sup>1</sup>, 王莹<sup>2</sup>, 隋昌海<sup>1</sup>, 李卫华<sup>3</sup>

1. 吉林农业工程职业技术学院, 四平, 136001

2. 长春职业技术学院, 长春, 136100

3. 新疆生产建设兵团绿洲生态农业重点实验室, 石河子大学农学院, 石河子, 832003

✉ 通讯作者: liweihua1199@tom.com ✉ 作者

分子植物育种, 2012年, 第10卷, 第64篇 doi: 10.5376/mpb.cn.2012.10.0064

收稿日期: 2012年09月06日

接受日期: 2012年10月10日

发表日期: 2012年12月17日

本文首次发表在《分子植物育种》(2012年第10卷第6期668-674页)上。现依据版权所有人授权的许可协议, 采用 Creative Commons Attribution License 协议对其进行授权, 再次发表与传播。只要对原作有恰当的引用, 版权所有人允许并同意第三方无条件的使用与传播。

引用格式(中文):

王琳等, 2012, 春小麦抗性淀粉含量与其它品质相关性状的相关分析, 分子植物育种(online) Vol.10 No.64 pp.1471-1478 (doi: 10.5376/mpb.cn.2012.10.0064)

引用格式(英文):

Wang et al., 2012, Correlation Analysis between Resistant Starch Content and Other Quality-related Traits in Spring Wheat, Fenzi Zhiwu Yuzhong (online) (Molecular Plant Breeding) Vol.10 No.64 pp.1471-1478 (doi: 10.5376/mpb.cn.2012.10.0064)

**摘要** 本研究选取 172 份春小麦种质资源并对其籽粒抗性淀粉含量分别与总淀粉含量以及直链淀粉含量、膨胀势、RVA 黏度的峰值和低谷黏度、Zeleny 沉降值、湿面筋含量及干面筋含量 8 个品质性状进行了相关性分析, 其中与抗性淀粉含量呈极显著正相关关系的是直链淀粉含量( $r=0.60$ ); 呈显著正相关关系的分别为峰值黏度( $r=0.27$ )、膨胀势( $r=0.28$ )和总淀粉含量( $r=0.31$ ); 抗性淀粉含量与湿、干面筋含量间呈不显著负相关( $r=-0.16$ ,  $r=-0.03$ )。经逐步回归分析, 结果表明, 在这八个品质性状中对小麦抗性淀粉含量影响较大的依次为直链淀粉的含量、总淀粉含量、高峰黏度及膨胀势, 这一结果可以解释抗性淀粉 42.2% 的表型变异。

**关键词** 春小麦; 抗性淀粉; 直链淀粉; 相关分析; 回归分析

## Correlation Analysis between Resistant Starch Content and Other Quality-related Traits in Spring Wheat

Wang Lin<sup>1</sup>, Wang Ying<sup>2</sup>, Sui Changhai<sup>1</sup>, Li Weihua<sup>3</sup>

1. Jilin Agriculture Engineering Polytechnic College, Siping, 136001, P.R. China

2. Changchun Vocational Institute of Technology, Changchun, 136100, P.R. China

3. The Key Oasis Eco-agriculture Laboratory of Xinjiang Productory and Construction Group/Shihezi University, Shihezi, 832003, P.R. China

✉ Corresponding author, liweihua1199@tom.com; ✉ Authors

**Abstract** In this research, we conducted correlation analysis between resistant starch content and quality related indexes, including total starch content, amylose content, swelling power, Zeleny-sedimentation value, peak viscosity and low viscosity, wet and dry gluten content, respectively, by employing 172 spring wheat germplasms. The results showed that the amylase content significantly positive correlated with resistant starch content ( $r=0.60$ ); The resistant starch content also positively correlated with total peak viscosity ( $r=0.27$ ), swelling power ( $r=0.28$ ), starch content and ( $r=0.31$ ); However, it did not significantly negative correlated with dry gluten content ( $r=-0.03$ ) and wet gluten content ( $r=-0.16$ ); The order among the eight quality traits greatly influencing the content of wheat resistant starch followed with the amylose content, total starch content, peak viscosity, and swelling power based on the analysis of stepwise regression. This results could explain 42.2% of the phenotypic variation of resistant starch in 172 selected spring wheat.

**Keywords** Spring wheat; Resistant starch; Amylose content; Correlation analysis; Stepwise regression analysis

## 研究背景

淀粉是小麦籽粒的重要组成部分, 作为食品中主要的碳水化合物, 是人类主要的能量和营养来源。1982年英国生理学家Englyst在研究膳食纤维时发现一类淀粉并将其命名为抗性淀粉(Englyst et al., 1982)。1993年EURESTA (欧洲抗性淀粉协会)将抗

性淀粉(resistant starch, RS)定义为“不被健康人体小肠所吸收的那部分淀粉及其降解物的总称”(Asp et al., 1993)。

国内外研究人员对RS的关注, 主要是由于RS的有其特殊生理功能。抗性淀粉可治疗和预防糖尿病、对预防和控制肠道疾病尤其是结肠癌、大肠息

肉及肠炎有重要作用、有效的控制体重、作为减肥保健食品添加剂、可以提高人体对矿物质的吸收等(Coudray et al., 2003)。

小麦品质研究的重要内容是淀粉品质的相关性研究。截至目前, 有关小麦品质性状间的相关性研究已有很多。抗性淀粉是近年来才得到重视的一个新的品质指标, 本研究通过172份春小麦品种的8个品质性状指标的测定, 研究了小麦中抗性淀粉含量和淀粉品质指标间的相关关系, 为小麦优质育种的顺利进行提供了理论依据。

## 1 结果与分析

### 1.1 小麦抗性淀粉含量与其它品质性状的相关性分析

对172份春小麦的抗性淀粉含量分别与RVA黏度的峰值和低谷黏度、直链淀粉含量、干面筋含量、Zeleny沉降值、总淀粉含量、湿面筋含量及膨胀势这8个品质指标进行相关性分析(表1)。

从表1可知, 172份春小麦的直链淀粉含量与抗性淀粉含量( $r=0.60$ )呈极显著正相关( $P<0.01$ ); 与总淀粉含量相关系数为 $r=0.31$ ; 与膨胀势相关系数为 $r=0.28$ 和峰值黏度相关系数为 $0.27$ , 以上3个指标均

表1 供试材料主要品质性状间的相关性分析

Table 1 Correlation analysis among the major quality parameters in tested materials

	总淀粉含量 (%) Total starch content (%)	抗性淀粉含 量(%) Resistant starch content (%)	干面筋含 量(%) Dry gluten content (%)	膨胀势 g power Swelling power	直链淀粉 含量(%) Amylose content (%)	Zeleny 沉降值(mL) Zeleny-sedimenta tion value (mL)	湿面筋含 量(%) Wet gluten content (%)	峰值黏度 (Pa*S) Peak visco- sity (Pa*S)
峰值黏度(Pa*S) Peak viscosity (Pa*S)	0.14	0.27*	0.00	0.11	0.18	0.20	-0.03	
低谷黏度(Pa*S) Through viscosity (Pa*S)		0.24		0.14		0.24	0.08	0.94**
直链淀粉含量(%) Amylose content (%)	-0.10	0.60**			0.01			
干面筋含量(%) Dry gluten content (%)	-0.09	-0.03		-0.04	0.28*	-0.08	0.80**	
Zeleny 沉降值(mL) Zeleny-sedimentati on value (mL)	0.27*	0.13		-0.22	-0.26*			
总淀粉含量(%) Total starch content (%)		0.31*			0.28*			
湿面筋含量(%) Wet gluten content (%)		-0.16		-0.03		-0.05		
膨胀势 Swelling power		0.28*						

注: \*: 在0.05水平的差异显著性; \*\*: 在0.01水平的差异显著性

Note: \*: Significant at the 0.05 levels; \*\*: Significant at the 0.01 levels

呈显著正相关; 与低谷黏度和Zeleny沉淀值表现为不显著正相关; 与湿面筋含量的相关系数-0.16、干面筋含量的相关系数为-0.03, 均为不显著负相关。

表1中进一步看出, 在其他品质性状间呈极显著正相关关系的有湿面筋含量与干面筋含量( $r=0.8$ )、峰值黏度与低谷黏度( $r=0.94$ ); 呈显著正相关关系的有直链淀粉含量与总淀粉含量( $r=0.28$ )、直

链淀粉含量与膨胀势( $r=0.28$ )、总淀粉含量与膨胀势( $r=0.27$ )。

上述研究结果显示膨胀势与小麦抗性淀粉含量间呈显著性正相关关系, 说明抗性淀粉含量高的, 其膨胀势较大, 吸水性和持水力相对较好; 抗性淀粉与Zeleny沉淀值间无明显线性关系, 说明抗性淀粉的沉淀值较小面筋含量较低; 抗性淀粉与



干、湿面筋间均呈不显著负相关关系, 说明抗性淀粉的弹性和延展性均较差; 小麦抗性淀粉含量与峰值粘度间性呈显著相关与低谷黏度间无明显线性相关, 说明抗性淀粉具有较高的黏度特性。

### 1.2 小麦抗性淀粉含量与各品质性状的逐步回归分析

对小麦材料各品质性状和抗性淀粉含量间进行逐步回归分析, 可以进一步了解小麦其他品质性状对抗性淀粉含量这一品质性状的相对重要性。

因变量(A)为抗性淀粉含量, 总淀粉含量(N<sub>1</sub>)、膨胀势(N<sub>2</sub>)、直链淀粉含量(N<sub>3</sub>)、低谷黏度(N<sub>4</sub>)、干面筋含量(N<sub>5</sub>)、峰值黏度(N<sub>6</sub>)、湿面筋含量(N<sub>7</sub>)、Zeleny沉淀值(N<sub>8</sub>)共计8个相关参数为自变量进行

逐步回归分析。使用SPSS 14.0建立优化回归方程。其中低谷黏度(N<sub>4</sub>)、干面筋含量(N<sub>5</sub>)、湿面筋含量(N<sub>7</sub>) 3个自变量不显著剔除, 建立回归方程为:  $Y = -4.1531 + 0.0094 N_1 + 0.2310 N_2 + 0.0001 N_3 + 0.0916 N_6 + 0.0081 N_8$ ,  $F = 8.4710$  ( $P > 0.05$ ,  $F_{0.05} = 4.4136$ )。由表2可知, 直链淀粉(N<sub>3</sub>)对抗性淀粉含量影响最显著, 其次为总淀粉含量(N<sub>1</sub>) > Zeleny沉淀值(N<sub>8</sub>) > 峰值黏度(N<sub>6</sub>) > 膨胀势(N<sub>2</sub>)。

## 2 讨论

目前, 研究者对抗性淀粉和直链淀粉关系的看法不尽相同。Szczo drak和Pomeranz (1992)的研究发现各种淀粉形成RS的能力有的差异很大, 并不一定

表2 逐步回归分析抗性淀粉含量与品质性状关系

Table 2 Stepwise regression analysis between resistant starch content and other quality traits

因变量(A)	自变量(N)	偏回归系数(B)	标准化回归系数(Beta)	决定系数(R <sup>2</sup> ) (%)
Dependent variable (A)	Independent variable (N)	Partial regression coefficient (B)	Standardized regression coefficient (Beta)	Coefficient of determination (R <sup>2</sup> ) (%)
抗性淀粉量 Resistant starch content	总淀粉量 Total starch content	B(N <sub>1</sub> )=0.009 4	Beta(N <sub>1</sub> )=0.137 9	42.2
	膨胀势 Swelling power	B(N <sub>2</sub> )=0.091 6	Beta(N <sub>2</sub> )=0.092 2	
	直链淀粉量 Amylose content	B(N <sub>3</sub> )=0.231 0	Beta(N <sub>3</sub> )=0.509 6	
	峰值黏度 Peak viscosity	B(N <sub>6</sub> )=0.000 1	Beta(N <sub>6</sub> )=0.118 5	
	Zeleny 沉降值 Zeleny-sedimentation value	B(N <sub>8</sub> )=0.008 1	Beta(N <sub>8</sub> )=0.129 3	

与直链淀粉的含量有关。蹇华丽等研究认为, 直链淀粉含量和抗性淀粉含量这两个品质性状间存在一定的关系: 低直链淀粉与低抗性淀粉间存在正比关系, 高直链淀粉与抗性淀粉间无规律可循(蹇华丽等, 2002, 粮食与油脂, 10: 5-7)。罗志刚和高群玉研究认为直链淀粉影响颗粒态抗性淀粉的形成(罗志刚和高群玉, 2005, 食品工业科技, 26(12): 91-93)。本研究通过172份春小麦品种的8个品质性状指标的测定结果表明, 与抗性淀粉呈极显著正相关关系的品质性状为直链淀粉( $r=0.60$ ), 因此要获得高抗性淀粉的材料需选择高直链淀粉含量的材料, 对于二者间分子结构上的关系和内在生理基础还需要进一步的了解。

有关小麦品质性状间的相关性研究已有不少(刘广田和李保云, 2000), 而小麦的其它品质性状与抗性淀粉间关系的分析报道较少。本研究通过对

172份春小麦种质资源的品质性状指标的测定, 分析小麦中抗性淀粉含量和其他品质指标间的相关关系, 为后续小麦优质育种提供实验支持和理论依据。

## 3 材料与方 法

### 3.1 材料

供试材料为172份春小麦种质资源(表3), 材料提供单位石河子大学农学系育种教研室。

### 3.2 测定方法

小麦抗性淀粉含量的测定, 参考Go ñia等(1996)及AOAC2002.02 (McCleary et al., 2002)的方法, 并结合本实验室条件略作一些改进。以赵永亮(2005)的方法测定总淀粉及直链淀粉含量; 用McCormick等(1991)的方法测定面粉膨胀势; 参照国际谷物化学标准ICCN0.116方法, 用面粉测定Zeleny沉降值; 以GB/T14608-93法测定干面筋含量, 用14%含水量

表3 春小麦种质资源抗性淀粉含量的测定结果

Table 3 The results of RS content of spring wheat germplasm resources

编号 Number	品种(系)名称 Family name	抗性淀粉含量(%) Resistant starch content (%)	来源产地 Source	编号 Number	品种(系)名称 Family name	抗性淀粉含量(%) Resistant starch content (%)	来源产地 Source
1	M344	3.07	墨西哥 Mexico	25	安农 90202 Nongan90202	2.60	安徽 Anhui
2	晋麦 14 Jinmai14	3.06	山西 Shanxi	26	8106 05yinguan341	2.58	新疆 Mexico
3	甘春 11 Ganchun11	3.06	甘肃 Gansu	27	03 单 09 03dan09	2.57	新疆 Xinjiang
4	新春 16 Zinchun16	3.04	新疆 Xinjiang	28	05 引观 341 05yinguan341	2.57	墨西哥 Mexico
5	M354	3.02	墨西哥 Mexico	29	MBW-90m-4860	2.57	甘肃 Gansu
6	g20	3.01	国外 Foreign	30	M358	2.56	墨西哥 Mexico
7	新春 2 号 Zinchun2	2.98	新疆 Xinjiang	31	98-14	2.53	新疆 Xinjiang
8	陇春 24 Longchun24	2.98	陕西 Shanxi	32	S-22	2.52	新疆 Xinjiang
9	4994	2.97	Not quit clear	33	M174	2.52	墨西哥 Mexico
10	M372	2.94	墨西哥 Mexico	34	0302	2.52	新疆 Xinjiang
11	05-2	2.93	新疆 Xijiang	35	03 单 03 03dan03	2.51	新疆 Xinjiang
12	M357	2.89	墨西哥 Mexico	36	新春 8 号 Xinchun8	2.51	新疆 Xinjiang
13	94-30	2.86	新疆 Xijiang	37	15-1106	2.51	内蒙古 Nei monggol
14	PEEP	2.79	宁夏 Ningxia	38	05-9	2.49	新疆 Xinjiang
15	M315	2.78	墨西哥 Mexico	39	陇春 26-08 Longchun26-08	2.49	陕西 Shanxi
16	春节 4 号 Chunjie4	2.78	Not quit clear	40	新春 12 Xinchun12	2.47	新疆 Xinjiang
17	新春 10 号 Zinchun10	2.77	新疆 Xinjiang	41	04 单 14 04dan14	2.47	新疆 Xinjiang
18	改良 C21 GailiangC21	2.67	新疆 Xinjiang	42	M396	2.44	墨西哥 Mexico
19	06-3	2.67	新疆 Xinjiang	43	06-2	2.43	新疆 Xinjiang
20	04-3	2.64	新疆 Xinjiang	44	龙麦 121 Longmai121	2.43	黑龙江 Hei longjiang
21	墨引优 1 号 Moyinyou1	2.64	新疆 Xinjiang	45	05 引观 603 05yinguan603	2.42	墨西哥 Mexico
22	M60	2.64	墨西哥 Mexico	46	0518	2.41	新疆 Xinjiang
23	宁作 19 Ningzuo19	2.63	宁夏 Ningxia	47	小波 01 Xiaobo01	2.41	波兰 Poland
24	巴春 6 号 Bachun6	2.62	新疆 Xinjiang	48	05 引观 686 05yinguan603	2.40	墨西哥 Mexico

续表 3

Continuing table 3

编号 Number	品种(系)名称 Family name	抗性淀粉含量(%) Resistant starch content (%)	来源产地 Source	编号 Number	品种(系)名称 Family name	抗性淀粉含量(%) Resistant starch content (%)	来源产地 Source
49	PM97034	2.38	北京 Beijing	73	宁春 37 Ningchun 37	2.17	宁夏 Ningxia
50	M303	2.37	墨西哥 Mexico	74	04 单 17 04dan17	2.15	新疆 Xinjiang
51	NS148	2.36	埃及 Egypt	75	陇春 4099 Longchun4099	2.15	甘肃 Gansu
52	甘春 20 Ganchun20	2.35	甘肃 Gansu	76	M32	2.09	墨西哥 Mexico
53	新春 9 号 Xinchun9	2.34	新疆 Xinjiang	77	3986-2	2.09	新疆 Xinjiang
54	川 00062 Chuan00062	2.33	四川 Sichuan	78	安农 9912 Annong9912	2.08	安徽 Anhui
55	4083C	2.31	黑龙江 Hei longjiang	79	Ly3	2.07	新疆 Xinjiang
56	NS64	2.28	埃及 Egypt	80	西农 2000-6 Xi'nong2000-6	2.03	陕西 Shanxi
57	青春 202 Qingchun202	2.27	青海 Qinghai	81	04 单 32 04dan32	2.02	新疆 Xinjiang
58	E-28	2.26	新疆 Xinjiang	82	宁春 16 Nichun16	2.02	宁夏 Ningxia
59	巴春 4 号 Bachun4	2.26	新疆 Xinjiang	83	巴 97-5765 Ba97-5765	2.01	内蒙古 Nei monggol
60	M378	2.26	墨西哥 Mexico	84	蒙麦 36 Mengmai36	1.98	内蒙古 Nei monggol
61	青春 96404 Qingchun96404	2.25	青海 Qinghai	85	新春 4 号 Xinchun4	1.97	新疆 Xinjiang
62	05 引观 443 05yinguan443	2.25	墨西哥 Mexico	86	小波 02 Xiaobo02	1.96	波兰 Poland
63	M303	2.25	墨西哥 Mexico	87	115	1.95	新疆 Xinjiang
64	M186	2.25	墨西哥 Mexico	88	03-8	1.95	新疆 Xinjiang
65	巴优 1 号 Bayou1	2.24	内蒙古 Nei monggol	89	新春 5 号 Xinchun5	1.94	新疆 Xinjiang
66	巴 97-8765 Ba97-8765	2.24	内蒙古 Nei monggol	90	9122	1.93	新疆 Xinjiang
67	05 引观 427 05yinguan427	2.23	墨西哥 Mexico	91	98-8-2	1.93	新疆 Xinjiang
68	临优 2 号 Linyou2	2.21	陕西 Shanxi	92	NS126	1.93	埃及 Egypt
69	95-1218	2.21	黑龙江 Hei longjiang	93	1-147	1.92	新疆 Xinjiang
70	格草尼 Ge Chaoni	2.21	黑龙江 Hei longjiang	94	沈免 90 Shenmian90	1.90	辽宁 Liaoning
71	新春 3 号 Xinhcun3	2.20	新疆 Xinjiang	95	M371	1.89	墨西哥 Mexico
72	06-1	2.20	新疆 Xinjiang	96	安农 8729-10 Annong8729-10	1.89	安徽 Anhui

续表 3

Continuing table 3

编号 Number	品种(系)名称 Family name	抗性淀粉含量(%) Resistant starch content (%)	来源产地 Source	编号 Number	品种(系)名称 Family name	抗性淀粉含量(%) Resistant starch content (%)	来源产地 Source
97	新春 7 号 Xinchun7	1.88	新疆 Xinjiang	121	97 鉴 250 97jian250	1.68	宁夏 Ningxia
98	M410	1.84	墨西哥 Mexico	122	M262	1.68	墨西哥 Mexico
99	M60	1.83	墨西哥 Mexico	123	2001-4	1.66	新疆 Xinjiang
100	M156	1.83	墨西哥 Mexico	124	M152	1.66	墨西哥 Mexico
101	M124	1.83	墨西哥 Mexico	125	05 引观 594 05yinguan594	1.65	墨西哥 Mexico
102	05 引观 307 05yinguan307	1.83	墨西哥 Mexico	126	12-1	1.64	新疆 Xinjiang
103	小波 03 Xiaobo03	1.83	波兰 Poland	127	04 单 30 04dan30	1.64	新疆 Xinjiang
104	M24	1.82	墨西哥 Mexico	128	新春 23 Xinchun23	1.63	新疆 Xinjiang
105	05 引观 12 05yinguan12	1.81	墨西哥 Mexico	129	永 3119 Yong3119	1.63	宁夏 Ningxia
106	E4	1.80	新疆 Xinjiang	130	2010	1.63	甘肃 Gansu
107	新春 17 Xinchun17	1.80	新疆 Xinjiang	131	M182	1.16	墨西哥 Mexico
108	M65	1.80	墨西哥 Mexico	132	45-128	1.59	新疆 Xinjiang
109	04 单 54 04dan54	1.79	新疆 Xinjiang	133	蒙鉴 6 号 Nengjian6	1.58	内蒙古 Nei Monggol
110	M165	1.78	墨西哥 Mexico	134	宁春 17 Ningchun17	1.57	宁夏 Ningxia
111	12-3	1.77	新疆 Xinjiang	135	永良 15 Yongliang15	1.56	宁夏 Ningxia
112	05 引观 98 05yinguan98	1.77	墨西哥 Mexico	136	永良 17 Yongliang17	1.56	宁夏 Ningxia
113	15-1106	1.75	内蒙古 Nei monggol	137	05 引观 371 05yinguan371	1.56	墨西哥 Mexico
114	21351	1.75	甘肃 Gansu	138	05 引观 284 05yinguan284	1.55	墨西哥 Mexico
115	05 引观 104 05yinguan104	1.73	墨西哥 Mexico	139	93-32	1.47	新疆 Xinjiang
116	巴 01-674 Ba01-674	1.72	内蒙古 Nei monggol	140	巴 97-88-12 Ba97-88-12	1.47	内蒙古 Nei Monggol
117	05 引观 304 05yinguan304	1.72	墨西哥 Mexico	141	新春 20 Xinchun20	1.46	新疆 Xinjiang
118	新春 13 Xinchun13	1.71	新疆 Xinjiang	142	巴 97-5-797 Ba97-5-797	1.46	内蒙古 Nei Monggol
119	93 鉴 104 93jian104	1.68	新疆 Xinjiang	143	宁春 4 号 Ningchun4	1.45	宁夏 Ningxia
120	新春 19 Xinchun19	1.68	新疆 Xinjiang	144	龙麦 36 Longmai36	1.45	黑龙江 Hei longjiang

续表 3

Continuing table 3

编号 Number	品种(系)名称 Family name	抗性淀粉含量(%) Resistant starch content (%)	来源产地 Source	编号 Number	品种(系)名称 Family name	抗性淀粉含量(%) Resistant starch content (%)	来源产地 Source
145	M213	1.44	墨西哥 Mexico	159	46-5-4	1.28	新疆 Xinjiang
146	新春 14 Xinchun14	1.43	新疆 Xinjiang	160	昌春 6 号 Changchun6	1.21	新疆 Xinjiang
147	05 引观 256 Oyinguan256	1.43	墨西哥 Mexico	161	晋春 15 Jinchun15	1.20	山西 Shanxi
148	C-100	1.42	新疆 Xinjiang	162	04 单 10 04dan10	1.17	新疆 Xinjiang
149	宁春 33 Ningchun33	1.39	宁夏 Ningxia	163	中 8131 Zhong8131	1.15	北京 Beijing
150	蒙鉴 4 号 Mengjian4	1.39	内蒙古 Nei Monggol	164	05 引观 281 05yinguan281	1.14	墨西哥 Mexico
151	龙福 7 号 Longfu7	1.39	黑龙江 Hei longjiang	165	永 3168 Yong3168	1.13	宁夏 Ningxia
152	巴 97-9046 Ba97-9046	1.38	内蒙古 Nei Monggol	166	宁春 18 Ningchun18	1.09	宁夏 Ningxia
153	4860	1.38	甘肃 Gansu	167	NS149	1.09	埃及 Egypt
154	NS93	1.37	埃及 Egypt	168	D68-20	1.08	新疆 Xinjiang
155	矮优 1 号 Aiyou1	1.36	河南 Henan	169	陇春 4035 Longchun4035	1.05	陕西 Shanxi
156	墨 88-72 Mo88-72	1.35	墨西哥 Mexico	170	M124	0.87	墨西哥 Mexico
157	01-25	1.34	新疆 Xinjiang	171	98-8	0.79	新疆 Xinjiang
158	Y-20	1.30	国外 Foreign	172	武春 3 号 Wuchun3	0.54	甘肃 Gansu

的小麦粉来计算; 以GB/T14608-93法测定湿面筋含量, 用14%含水量的小麦粉来计算; Newport型黏度仪测定淀粉糊化特性。

### 3.3 统计方法

小麦抗性淀粉含量和其他品质性状的相关性分析以及回归分析均利用SPSS软件完成。

### 作者贡献

王琳是实验研究的执行人, 论文写作与修改者; 李卫华是项目负责人, 指导实验设计; 王莹参与实验设计以及试验结果分析; 隋昌海负责整理数据, 论文修改。全体作者都阅读并同意最终的文本。

### 致谢

本研究受教育部“春晖计划”项目(Z2006-1-83004)和兵团博士资金项目(ZD2007JC05)共同资助。

### 参考文献

- Asp N.G., Björck I., and Nyman M., 1993, Physiological effects of cereal dietary fibre, *Carbohydrate Polymers*, 21(2-3): 183-187 [http://dx.doi.org/10.1016/0144-8617\(93\)90016-W](http://dx.doi.org/10.1016/0144-8617(93)90016-W)
- Coudray C., Demigne C., and Rayssiguier Y., 2003, Effects of dietary fibers on magnesium absorption in animals and humans, *J. Nutr.*, 133(1): 1-4 PMID:12514257
- Englyst H., Wiggins H.S., and Cummings J.H., 1982, Determination of the non-starch polysaccharides in plant foods by gas-liquid chromatography of constituent sugars as alditol acetates, *Analyst*, 107(1272): 307-318 <http://dx.doi.org/10.1039/an9820700307>
- Goñia I., García-Diza L., Mañas E., and Saura-Calixto F., 1996, Analysis of resistant starch: a method for food and food products, *Food Chemistry*, 56(4): 445-449
- Liu G.T., and Li B.Y., 2000, The inheritance and improvement

- of quality traits in common wheat, *Nongye Shengwu Jishu Xuebao (Journal of Agricultural Biotechnology)*, 8(4): 307- 314 (刘广田, 李保云, 2000, 小麦品质性状的遗传及其遗传改良, *农业生物技术学报*, 8(4): 307-314)
- McCormick K.M., Panozzo J.F., and Hong S.H., 1991, A swelling power test for selecting potential noodle quality wheats, *Aust. J. Agric. Rec.*, 42(3): 317-323 <http://dx.doi.org/10.1071/AR9910317>
- McCleary B.V., McNally M., and Rossiter P., 2002, Measurement of resistant starch by enzymatic digestion in starch and selected plant materials: collaborative study, *Journal of AOAC International*, 85(5): 1103-1111 PMID:12374410
- Szczodrak J., and Pomeranz Y., 1992, Starch-lipid interaction and formation of resistant starch in high amylose barley, *Cereal Chemistry*, 69(6): 626-632
- Zhao Y.L., 2005, A novel micro-amount method with spectrophotometer to determine amylose and total starch content of wheat seeds, *Shipin Yu Fajiao Gongye (Food and Fermentation Industries)*, 31(8): 23-26 (赵永亮, 2005, 一种同时测定小麦种子中直链淀粉, 总淀粉含量的新方法-微量分光光度法, *食品与发酵工业*, 31(8): 23-26)