

生态因子对不同冬小麦品种面粉拉伸参数的影响^{*}

张学林 王晨阳 郭天财^{**} 王永华 朱云集

(河南农业大学农学院国家小麦工程技术研究中心, 郑州 450002)

摘 要 选用6个有代表性的冬小麦品种(豫麦34、藁麦8901、豫麦49、豫麦70、洛阳8716、豫麦50)连续两年在河南省5个不同纬度地点(32°N—36°N)种植,研究了生态因子、品种遗传因素与冬小麦拉伸参数之间的关系。结果表明:品种遗传因素对拉伸参数的影响大于生态环境。豫麦34和藁麦8901的最大抗阻和拉伸面积均大于其他4个品种,且品种间差异达到显著水平。在豫南(信阳和驻马店)种植点的小麦拉伸参数均与豫北(武陟和汤阴)达到显著差异,但拉伸参数随纬度变化的规律在年际间并不一致。不同年份气象因子对拉伸参数的影响程度不同,其中2002年小麦灌浆-成熟期降雨量与小麦拉伸参数显著相关。小麦生育中后期的水分管理应充分考虑气象因素,以改善小麦面粉拉伸参数。

关键词 小麦 纬度 拉伸参数 烘烤品质

文章编号 1001-9332(2009)12-2971-06 中图分类号 S512.1 文献标识码 A

Effects of ecological factors on the dough extensograph parameters of different winter wheat cultivars. ZHANG Xue-lin, WANG Chen-yang, GUO Tian-cai, WANG Yong-hua, ZHU Yun-ji (National Engineering Research Center for Wheat, College of Agronomy, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China). -Chin. J. Appl. Ecol. 2009 20(12): 2971–2976.

Abstract: In 2000–2001 and 2001–2002, six representative winter wheat cultivars Yumai 34, Gaomai 8901, Yumai 49, Yumai 70, Luoyang 8716, and Yumai 50 were consecutively grown at five locations (Xinyang, Zhumadian, Xuchang, Wuzhi, and Tangyin) with latitudes varying from 32°N to 36°N in Henan Province, aimed to understand the relationships of winter wheat dough extensograph parameters with genetic and ecological factors. The dough extensograph parameters were more affected by genetic factors than by ecological factors. Cultivars Yumai 34 and Gaomai 8901 had significantly higher maximum resistance and extension area than the other four test cultivars, and significant differences in the dough extensograph parameters were observed between the cultivars grown in the south region (Xinyang and Zhumadian) and in the north region (Wuzhi and Tangyin) of the Province. The change patterns of dough extensograph parameters with latitude differed in 2000–2001 and in 2001–2002, and the effects of climatic factors on the dough extensograph parameters varied with year. In 2001–2002, the precipitation at the stage from grain-filling to maturing affected the dough extensograph parameters significantly. Our results suggested that in order to improve the dough extensograph parameters of winter wheat, local meteorological conditions should be taken into full consideration in the soil water management at late-maturing stage.

Key words: wheat; latitude; dough extensograph parameter; baking quality.

小麦面团性质与面制食品的手感、弹性和韧性等品质密切相关,是决定小麦面食品质的主要因素^[1–2]。通过测定面团流变学特性如拉伸参数等就可对小麦面粉品质进行评价^[3]。小麦拉伸参数表示面团在拉伸过程中所需要的力、拉伸长度以及拉伸

过程中所做的功(能量),这些参数与面团的加工品质有关^[4]。以方便面品质为例,方便面的断裂力和断裂能量与拉伸阻力呈正相关,断裂变形程度和最佳蒸面时间与拉伸阻力和拉伸能量呈正相关,其中拉伸阻力和拉伸能量对方便面品质的影响更大^[5]。因此,小麦品质中拉伸参数的变化对提高原粮商品率及增加粮食加工业的经济效益都具有重要意义。

小麦品种^[6–7]、栽培管理措施^[8–9]及生态环境

^{*} 河南省科技攻关重大项目(122012300)资助。

^{**} 通讯作者。E-mail: gmzx-guo@371.net

2009-03-05 收稿, 2009-10-16 接受。

变化^[10-12]对小麦拉伸参数的影响已有一些研究。但是关于生态因子与小麦拉伸参数的关系,尤其是不同生态环境由于光照、温度、水分、土壤类型、土壤肥力等因素不同导致拉伸参数变异的程度和原因,还缺乏系统的研究。确定影响小麦拉伸参数的主要环境因素对于冬小麦田间管理及改善小麦品质具有重要意义。为此,本研究选择6个有代表性的冬小麦品种在河南省5个不同实验点进行冬小麦拉伸参数品质试验,探讨生态因素与小麦拉伸参数的关系,从而为小麦品种品质改良、种植结构调整、生态区划和优质高效栽培提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于2000—2001、2001—2002年连续两年选用河南省生产上大面积推广和试验示范中表现突出的6个冬小麦品种:豫麦34、藁麦8901、豫麦49、豫麦70、洛阳8716和豫麦50为试验材料,进行大田试验。

1.2 试验设计

在河南省自南向北沿京广线每个纬度设置一个试验点,分别为:信阳市狮河区(32.13°N,114.05°E)、驻马店农业科学研究所(32.98°N,114.02°E)、许昌寇庄(34.02°N,113.84°E)、武陟谢旗营(35.10°N,113.38°E)和汤阴县城(35.92°N,114.35°E)。每个试验点都种植所有供试小麦品种,试验小区面积15.2 m²,各小区随机排列3次重复。各试验点主要管理方式基本一致:按当地适宜播期播种,底墒水充足,保证一播全苗,田间管理按一般高产麦田进行,其中基施尿素165.67 kg·hm⁻²、二胺329.84 kg·hm⁻²、硫酸钾440.93 kg·hm⁻²,拔节期施尿素195.50 kg·hm⁻²,优质有机肥(30~60

m³·hm⁻²)作为基肥一次性施入。小麦生长过程中各试验点视当地降雨量和土壤墒情,一般浇越冬水、拔节水和灌浆水,其中信阳和驻马店两个试验点根据当地土壤墒情酌情浇灌浆水。对各试验点土壤基本性质进行了本地调查^[13]。5个试验点小麦全生育期(从出苗到成熟)以及五月气象数据来自河南省气象局(2001年5月下旬降雨量为0)。

1.3 测定项目与方法

小麦收获、晒干、存放1个月,在中国农业科学院作物研究所品质分析室进行品质分析,拉伸参数采用德国Brabender公司生产的拉伸仪,按照AACC54-10方法测定,测定指标为:延伸性、最大抗阻和拉伸面积(能量)。

1.4 数据处理

采用General Linear Model ANOVA分析地点和品种对小麦粉质参数的影响,采用Duncan法比较品种间和地点间的差异显著性。采用Paired samples T-test比较两个年度拉伸参数间的差异显著性。气象因子与拉伸参数的相关性采用Pearson correlation分析,其中5月各旬主要气象因子与拉伸参数的关系采用逐步回归分析。所有数据均采用SPSS 10.0软件进行处理。

2 结果与分析

2.1 不同纬度试验点气象资料

气象数据结果(表1)表明:不同年度各实验点气象因子不同,其中2002年小麦全生育期(出苗—成熟)的总积温、总日照时数和总降雨量均高于2001年。2001年小麦生育后期5月份的平均气温和日照时数均高于2002年,而降雨量则相反。由南(信阳)向北(汤阴)随纬度升高,总日照时数和5月份日照时数呈增加趋势,而降雨量则呈降低的趋势。

表1 小麦全生育期和5月份气象数据*
Tab.1 Climatic data during the whole growth period of winter wheat and in May

地 点 Location	总积温 Total accumulation temperature (°C)		总日照 Total sunshine (h)		总降雨量 Total rainfall (mm)		5月气温 Air temperature in May (°C)		5月日照时数 Sunshine in May (h)		5月降雨量 Rainfall in May (mm)	
	2001	2002	2001	2002	2001	2002	2001	2002	2001	2002	2001	2002
信 阳 Xinyang	1945	2174	895	991	235	495	23	19	214	99	36	177
驻马店 Zhumadian	2059	2245	933	1043	173	378	23	19	216	147	14	118
许 昌 Xuchang	2003	2077	1075	1144	144	298	23	19	229	182	1	140
武 陟 Wuzhi	2118	2384	1120	1334	108	187	24	20	252	202	2	89
汤 阴 Tangyin	2149	2243	1197	1296	104	163	24	19	272	194	1	73
平均值 Mean	2055	2225	1044	1161	153	304	23	19	237	165	11	119

* 总积温、总日照时数和总降雨量均为出苗到成熟期的数据 Total accumulation temperature ,total sunshine and total rainfall were data from seedling to maturation for winter wheat.

2.2 小麦拉伸参数的变异规律

对于每一个拉伸参数指标 ,分别以每一年度的所有参试品种和参试地点为考察对象 ,用品种间变幅和试点内平均变异系数表示由品种决定的变异 ,用地点间平均变异系数和品种内平均变异系数表示因环境引起的变异^[14]。由表 2 可以看出 ,试点内和品种内均以延伸性变异系数较小 ,最大抗阻和拉伸面积的变异系数较大。对试点内变异系数与品种内变异系数进行比较 ,结果表明 ,两个试验年度拉伸参

数各指标在品种间的变化幅度均大于试点间的变化幅度(2002 年延伸性除外) ,说明遗传因素对拉伸参数的影响大于试验地点的影响。

2.3 小麦拉伸参数的比较

2.3.1 品种间比较 方差分析结果(表 3)表明 ,拉伸参数 3 个指标连续两年品种间均达到显著差异。豫麦 70 连续两年均与其他品种达到显著差异 ,豫麦 34 和藁麦 8901 的最大抗阻、拉伸面积连续两年均高于其他 4 个品种 ,且品种间均达到显著差异(表 4)。

表 2 不同小麦品种拉伸参数的变异规律

Tab.2 Variance of extensograph parameters of different wheat cultivars

拉伸参数 Extensogram parameter	年度 Year	品种决定的变异		环境引起的变异		结 论 Result
		Variance from variety		Variance from environment		
		品种间变幅	试点内变异系数	地点间变幅	品种内变异系数	
		Variance breadth among cultivars	Coefficient of variation in locations (CV , %)	Variance breadth among locations	Coefficient of variation in cultivars (CV , %)	
延伸性	2001	135.00 ~ 167.60	7.55	145.00 ~ 164.17	5.42	G > E
Extensibility (cm)	2002	159.20 ~ 185.20	5.47	164.33 ~ 191.67	6.09	E > G
最大抗阻	2001	168.8 ~ 718.80	50.06	410.83 ~ 552.50	11.46	G > E
Maximum resistance (EU)	2002	93.60 ~ 568.60	68.16	230.33 ~ 379.33	18.17	G > E
拉伸面积(能量)	2001	35.80 ~ 159.22	50.49	71.27 ~ 115.55	18.47	G > E
Extension area (energy)(cm ²)	2002	25.20 ~ 137.00	65.65	52.00 ~ 101.50	23.74	G > E

G 遗传效应 Genetic effect ;E 环境效应 Environmental effect.

表 3 不同小麦品种及不同地点的拉伸参数方差分析

Tab.3 Variance analysis of extensograph parameters for different wheat cultivars among five locations

变异来源 Source of variation	年份 Year	延伸性 Extensibility (cm)		最大抗阻 Maximum resistance (EU)		拉伸面积 Extension area (cm ²)	
		F	P	F	P	F	P
品种间	2001	5.29	0.003	32.07	0.0001	16.18	0.0001
Among cultivars	2002	4.37	0.008	36.59	0.0001	27.66	0.0001
地点间	2001	3.27	0.030	2.02	0.1300	2.60	0.0700
Among locations	2002	6.49	0.002	3.12	0.0380	4.34	0.0100

表 4 不同品种间小麦拉伸参数的比较

Tab.4 Comparison of extensograph parameters among different wheat cultivars

品 种 Cultivar	延伸性 Extensibility (cm)				最大抗阻 Maximum resistance (EU)				拉伸面积 Extension area (cm ²)			
	2001		2002		2001		2002		2001		2002	
	平均值 Mean	CV (%)	平均值 Mean	CV (%)	平均值 Mean	CV (%)	平均值 Mean	CV (%)	平均值 Mean	CV (%)	平均值 Mean	CV (%)
豫 麦 34	165.0b	6.6	179.8bc	10.1	668.0c	6.4	555.2c	21.1	139.7cd	9.6	135.2c	23.7
Yumai 34												
藁 麦 8901	151.8b	15.4	178.8bc	10.7	718.8c	13.5	568.6c	24.7	159.2d	37.1	137.0c	33.1
Gaomai 8901												
豫 麦 49	152.6b	6.1	185.2c	3.8	487.6b	28.5	204.2a	50.2	95.4b	30.6	55.8b	47.3
Yumai 49												
豫 麦 70	135.0a	3.8	159.2a	9.8	644.6c	22.9	383.6b	21.7	107.1bc	22.6	83.0b	25.7
Yumai 70												
洛 阳 8716	167.6b	8.7	170.0ab	4.7	206.0a	39.3	100.0a	32.2	46.7a	42.5	25.8a	27.9
Luoyang 8716												
豫 麦 50	158.2b	5.8	182.2bc	7.1	168.8a	41.1	93.6a	11.9	35.8a	35.7	25.2a	17.2
Yumai 50												
平均值 Mean	155		175.9 * *		482.3 * *		317.5		97.3 * *		77	

平均值后不同字母表示品种间差异达 5% 显著水平 Different letters after average values indicated significant difference at 0.05 level among wheat cultivars. *、* * 分别表示年份间在 5% 和 1% 水平差异显著 * , * * indicated significant difference between years at 0.05 and 0.01 levels , respectively. 下同 The same below.

说明不同小麦品种间拉伸参数的相对差异是稳定的. 年份之间, 2001 年 6 个品种延伸性平均值小于 2002 年, 而最大抗阻和拉伸面积均为 2001 年大于 2002 年, 说明年际间各种因素的变化可能影响了拉伸参数的变化.

2.3.2 地点间比较 方差分析结果表明(表 3), 2001 年, 只有延伸性在地点之间达到显著差异; 2002 年, 3 个拉伸参数在地点之间均达到显著差异, 说明地点对拉伸参数的影响程度可能受到其他因素的影响. 2001 年, 驻马店试验点与武陟点的 3 个拉伸参数均达到显著差异, 2002 年, 信阳点与汤阴点 3 个拉伸参数均达到显著差异(表 5). 年份之间, 2001 年 5 个试验点延伸性平均值显著小于 2002 年, 2001 年最大抗阻平均值显著大于 2002 年. 小麦拉伸参数年际间变化可能是不同年份气象条件和其他因素共同作用的结果.

2.4 小麦拉伸参数与气象因子之间的关系

小麦全生育期主要气象因子与拉伸参数的相关分析结果(数据未列出)表明, 连续两年, 拉伸参数 3

个指标与总积温和总日照时数的相关性一致(2002 年总积温与最大抗阻的相关性除外), 而与拉伸参数和总降雨量的相关性相反. 5 月份 3 个气象因子(2001 年 5 月气温与拉伸面积的相关性除外)与拉伸参数的相关性特征与全生育期一致. 其中, 2001 年的相关系数均不显著, 2002 年只有延伸性与总日照时数($r = -0.92$, $P = 0.03$)、总降雨量($r = 0.95$, $P = 0.01$)、5 月份日照时数($r = -0.93$, $P = 0.02$)、5 月份降雨量($r = 0.96$, $P = 0.01$)以及拉伸面积与总降雨量($r = 0.91$, $P = 0.03$)的相关系数达到显著水平.

5 月份是小麦籽粒灌浆、品质形成的关键时期, 此期气象因子对小麦品质优劣有重要影响. 为此, 进一步分析了 5 月上、中、下旬的旬均气温、日照时数、降雨量与小麦拉伸参数的相关性(表 6). 结果表明, 2002 年, 延伸性与下旬日照时数和上旬降雨量呈显著相关, 最大抗阻和拉伸面积均与下旬降雨量呈显著正相关. 延伸性与 2001 年 5 月上旬 3 个气象因子的相关性与 2002 年相反, 与 5 月中旬和下旬的相关

表 5 小麦拉伸参数在不同地点间的比较

Tab.5 Comparison of extensogram parameters of wheat among different locations

地 点 Location	延伸性 Extensibility (cm)				最大抗阻 Maximum Resistance (EU)				拉伸面积 Extension area (cm ²)			
	2001		2002		2001		2002		2001		2002	
	平均值 Mean	CV (%)	平均值 Mean	CV (%)	平均值 Mean	CV (%)	平均值 Mean	CV (%)	平均值 Mean	CV (%)	平均值 Mean	CV (%)
信 阳 Xinyang	160.3bc	9.8	191.7c	7.7	453.7ab	57.5	379.3b	71.1	90.5ab	52.7	101.5c	71.2
驻马店 Zhumadian	145.0a	15.7	177.0ab	4.6	410.8a	61.6	349.8b	77.5	71.3a	61.0	85.5bc	75.9
许 昌 Xuchang	158.3abc	6.8	178.7b	8.7	475.8ab	43.9	293.8ab	65.3	115.6b	65.9	71.2ab	59.4
武 陟 Wuzhi	164.2c	10.3	164.3a	7.5	552.5b	48.9	334.3b	69.8	112.6b	44.2	74.8abc	66.0
汤 阴 Tangyin	147.3ab	3.8	167.7ab	8.6	518.7ab	54.2	230.3a	65.0	96.7ab	52.9	52.0a	59.6
平均值 Mean	155.0		175.9*		482.3*		317.5		97.3		77.0	

表 6 5 月各旬气象因子与小麦拉伸参数的相关系数

Tab.6 Correlation coefficients (r) between climatic factors in May and extensogram parameters of wheat

年份 Year	拉伸参数 Extensogram parameter	气 温 Air temperature (℃)			日照时数 Sunshine (h)			降雨量 Rainfall (mm)		
		上旬 First ten days (X ₁)	中旬 Middle ten days (X ₂)	下旬 Last ten days (X ₃)	上旬 First ten days (X ₄)	中旬 Middle ten days (X ₅)	下旬 Last ten days (X ₆)	上旬 First ten days (X ₇)	中旬 Middle ten days (X ₈)	下旬 Last ten days (X ₉)
2001	延伸性 Extensibility	0.04	-0.35	-0.04	0.13	-0.39	-0.03	-0.10	0	0.15
	最大抗阻 Maximum resistance	0.18	0.06	0.81	0.80	0.57	0.81	-0.59	0	-0.53
	拉伸面积 Extension area	-0.40	-0.60	0.32	0.69	0.04	0.43	-0.73	0	-0.46
2002	延伸性(Y ₁) Extensibility	-0.83	-0.33	-0.66	-0.82	-0.34	-0.90*	0.98**	0.30	0.80
	最大抗阻(Y ₂) Maximum resistance	-0.35	0.35	-0.09	-0.79	0.19	-0.70	0.69	0.05	0.91*
	拉伸面积(Y ₃) Extension area	-0.540	0.170	-0.310	-0.870	-0.002	-0.850	0.840	0.110	0.980**

* P < 0.05 ; ** P < 0.01 (n = 5).

性两年表现一致;最大抗阻与2001年5月上旬、下旬3个气象因子的相关性与2002年相反,与5月中旬的相关性两年表现一致;拉伸面积与5月上、中、下旬主要气象因子(5月上旬气温除外)的相关性两年表现相反的趋势,可能是引起拉伸参数在不同纬度点年际间变化特征不一致的原因之一。

对2002年数据进行逐步回归分析,方程如下:

$$Y_1 = 153.65 + 0.32X_7 \quad (1)$$

$$Y_2 = -675.15 + 11.75X_9 + 39.52X_3 \quad (2)$$

$$Y_3 = 54.16 + 3.21X_9 \quad (3)$$

回归分析结果表明,5月上旬降雨量解释了延伸性96%的变化,5月下旬气温和降雨量分别解释了最大抗阻99%和84%的变化,而5月下旬降雨量解释了拉伸面积95%的变化。说明对于不同拉伸参数,起决定作用的气象因子不同,而且年际之间也有变化,其中5月上旬降雨量、下旬气温和降雨量对拉伸参数的影响可能更大。

3 讨 论

小麦品质既受遗传因素的影响也受环境变化的影响^[15-16]。Grausgruber等^[17]认为遗传因素对小麦拉伸参数的影响较大。Branlard等^[7]通过分析等位基因组成,并采用Varcomp程序分析遗传变异程度(H_2),发现延伸性的遗传变异系数(H_2)较小,认为延伸性主要受到地点效应或者地点与遗传互作效应的影响。本试验采用变异系数(表2)和方差分析(表3)结果均表明,遗传因素和生态环境均对小麦延伸性有显著影响,且影响程度在年份间有变化;与生态因素相比,遗传因素对最大抗阻和拉伸面积的影响较大。品种之间的比较结果(表4)表明,豫麦34和藁麦8901的最大抗阻和拉伸面积连续两年均显著高于其他4个品种,进一步说明同类小麦品种的最大抗阻和拉伸面积具有相对稳定的遗传特性。

小麦加工品质易受环境变化的影响,同一品种在不同地区种植,其加工品质性状存在一定差异^[10,18-19]。白莉萍等^[9]研究认为,相同小麦品种种植于北京试点的小麦拉伸参数均高于安阳试点。He等^[19]的研究结果表明,同一小麦品种,安阳试点的品质性状优于成都试点。本研究发现,随纬度升高,2001年小麦拉伸参数的变化规律不明显,2002年则呈降低趋势,且豫南试验点小麦拉伸参数与豫北试验点连续两年均达到显著差异(表5)。气象因子、土壤性质和栽培管理措施等均可能是影响小麦拉伸参数随纬度变化规律不一致的重要因子^[20]。He等^[19]

研究认为,安阳试点与成都试点小麦品质差异主要是由气候条件造成的。白莉萍等^[9]发现,与安阳试点相比,北京试点小麦开花至成熟期大田 CO_2 浓度较高、日均温度较高,认为这是北京试点小麦拉伸参数性状较优的主要原因。Corbellini等^[11]选用5个品种在地中海6个有代表性的地点研究发现,小麦灌浆期的温度变化对拉伸参数有重要影响。本试验研究认为,随纬度升高小麦拉伸参数年际间变化不一致,可能是不同年份影响拉伸参数的主要因子不同。两个试验年度小麦全生育期和5月份气象因子随纬度升高变化趋势一致(表1),而小麦延伸性与这些气象因子的相关性表现一致,这可能是延伸性随纬度升高变化特征基本一致的原因之一,最大抗阻和拉伸面积与2001年全生育期气象因子尤其是5月下旬气象因子的相关性同2002年相反,这可能是最大抗阻和拉伸面积连续两年随纬度升高变化趋势相反的原因。然而2001年主要气象因子与拉伸参数相关不显著,说明土壤因素或栽培措施等未知因素可能是决定拉伸参数地点间变化的主要因子。2002年总日照时数、总降雨量、5月份日照时数和降雨量均与部分拉伸参数呈显著相关,说明该试验年度气象因子尤其是降雨量可能是影响小麦拉伸参数纬度变化的关键因子。

小麦籽粒灌浆到蜡熟期,土壤水分的盈余与亏缺影响小麦的生长发育和土壤有效养分的释放,从而影响作物的品质^[19,21-22]。王晨阳等^[23]认为,小麦籽粒品质随灌水次数增多而变劣。白莉萍等^[9]发现,随灌水增加,中育5号拉伸面积、延伸性及最大抗延阻力均呈下降趋势,而中优9701却呈上升趋势,认为小麦后期灌溉有利于中优9701的面团拉伸参数。严美玲等^[24]比较了强筋与弱筋两个小麦类型,认为灌溉有利于增加藁城8901的面团拉伸面积、拉伸阻力和最大拉伸阻力,而山农1391的面团流变学指标对各灌溉处理的反应较为迟钝。本试验结果发现,2002年5月上旬降雨量和下旬降雨量能分别解释延伸性、最大抗阻和拉伸面积90%、80%和90%以上的变化,说明2002年各试验点降雨量与小麦拉伸参数密切相关。可见,在不同年份5月小麦灌浆-成熟期,根据当地气候状况,适当进行土壤水分调控有利于改善小麦拉伸参数。

致 谢 加拿大农业和农业食品部园艺研究与发展中心Nicolas Tremblay教授和王之杰博士对本文英文写作给予了大力帮助,在此表示感谢。

参考文献

- [1] Anderssen RS, Bekes F, Gras PW, *et al.* Wheat-flour dough extensibility as a discriminator for wheat varieties. *Journal of Cereal Science*, 2004, **39**:195–203
- [2] Guo B-L (郭波莉), Wei Y-M (魏益民), Zhang G-Q (张国权), *et al.* Study on the relationship between wheat quality and their food quality. *Journal of Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry* (Natural Science) (西北农林科技大学学报·自然科学版), 2001, **29**(5):61–64 (in Chinese)
- [3] Deng Z-Y (邓志英), Tian J-C (田纪春), Zhang H-W (张华文), *et al.* Application of farinograph quality number (FQN) in evaluating dough and baking qualities of winter wheat. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica* (西北植物学报), 2005, **25**(4):673–680 (in Chinese)
- [4] Wei Y-M (魏益民), Li Z-X (李志西). Studies on the characters of processing quality of main varieties of wheat in Guanzhong area. *Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica* (西北农业学报), 1992, **1**(2):19–24 (in Chinese)
- [5] Shi J-L (师俊玲), Wei Y-M (魏益民), Elissbeth B, *et al.* Correlations of wheat quality and fried instant noodle properties. *Journal of Northwest Science-Technology University of Agriculture and Forest* (Natural Science) (西北农林科技大学学报·自然科学版), 2002, **30**(5):16–22 (in Chinese)
- [6] Zan X-C (咎香存), Wang B-J (王步军). Flour quality characteristics of different milling streams for strong-gluten wheat cultivars. *Acta Agronomica Sinica* (作物学报), 2007, **33**(12):2028–2033 (in Chinese)
- [7] Branlard G, Dardevet M, Saccomano R, *et al.* Genetic diversity of wheat storage proteins and bread wheat quality. *Euphytica*, 2001, **119**:59–67
- [8] Zhang X-L (张学林), Guo T-C (郭天财), Zhu Y-J (朱云集), *et al.* Effects of nitrogen topdressing stage on quality characters of different kinds of gluten wheat. *Journal of Henan Agricultural University* (河南农业大学学报), 2006, **40**(2):113–116 (in Chinese)
- [9] Bai L-P (白莉萍), Lin E-D (林而达), Rao M-J (饶敏杰). Effects of irrigation schemes on yield and quality of winter wheat on different sites. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), 2005, **25**(4):917–922 (in Chinese)
- [10] Lu J (芦静), Tong B-C (佟伯成), Yang S-Y (杨淑岩), *et al.* Variance of quality traits in different environment and blending effect of bread wheat in Xinjiang. *Journal of Triticeae Crops* (麦类作物学报), 2003, **23**(1):25–30 (in Chinese)
- [11] Corbellini M, Mazza L, Ciaffi M, *et al.* Effect of heat shock during grain filling on protein composition and technological quality of wheats. *Euphytica*, 1998, **100**:147–154
- [12] Srivastava AK, Sudha ML, Baskaran V, *et al.* Studies on heat stabilized wheat germ and its influence on rheological characteristics of dough. *European Food Research and Technology*, 2007, **224**:365–372
- [13] Zhang X-L (张学林), Wang Z-Q (王志强), Guo T-C (郭天财), *et al.* Effects of latitude on grain's protein components of winter wheat cultivars. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 2008, **19**(8):1727–1732 (in Chinese)
- [14] Kang L-N (康立宁), Wei Y-M (魏益民), Ouyang S-H (欧阳韶辉), *et al.* Genotype and environment effects on farinograms of winter wheat variety. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica* (西北植物学报), 2003, **23**(1):91–95 (in Chinese)
- [15] Yao D-N (姚大年), Li B-Y (李保云), Liang R-Q (梁荣奇), *et al.* Effects of wheat genotypes and environments to starch properties and noodle quality. *Journal of China Agricultural University* (中国农业大学学报), 2000, **5**(1):63–68 (in Chinese)
- [16] Souza EJ, Martin JM, Guttieri MJ, *et al.* Influence of genotype, environment and nitrogen management on spring wheat quality. *Crop Science*, 2004, **44**:425–432
- [17] Grausgruber H, Oberforster M, Werteker M, *et al.* Stability of quality traits in Austrian-grown winter wheats. *Field Crops Research*, 2000, **66**:257–267
- [18] Guo T-C (郭天财), Zhang X-L (张学林), Fan S-P (樊树平), *et al.* Effects of different environments on qualitative characters of three gluten wheat cultivars. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 2003, **14**(6):917–920 (in Chinese)
- [19] He ZH, Liu AH, Peña RJ, *et al.* Suitability of Chinese wheat cultivars for production of northern style Chinese steamed bread. *Euphytica*, 2003, **131**:155–163
- [20] Liu JJ, He ZH, Zhao ZD, *et al.* Wheat quality traits and quality parameters of cooked dry white Chinese noodles. *Euphytica*, 2003, **131**:147–154
- [21] Xu Z-Z (许振柱), Yu Z-W (于振文), Wang D (王东), *et al.* Effect of irrigation conditions on protein composition accumulation of grain and its quality in winter wheat. *Acta Agronomica Sinica* (作物学报), 2003, **29**(5):682–687 (in Chinese)
- [22] Yao F-J (姚凤娟), He M-R (贺明荣), Li F (李飞), *et al.* Effects of post-anthesis irrigation frequency on the grain quality of strong gluten winter wheat cultivars. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 2008, **19**(12):2627–2631 (in Chinese)
- [23] Wang C-Y (王晨阳), Gun T-C (郭天财), Peng Y (彭羽), *et al.* Effects of post-anthesis irrigation on grain quality indices and yield in winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Acta Agronomica Sinica* (作物学报), 2004, **30**(10):1031–1035 (in Chinese)
- [24] Yan M-L (严美玲), Cai R-G (蔡瑞国), Jia X-L (贾秀领), *et al.* Effects of different irrigation regimes on protein components and dough rheology of wheat. *Acta Agronomica Sinica* (作物学报), 2007, **33**(2):337–340 (in Chinese)

作者简介 张学林,男,1972年生,博士,讲师.主要从事作物生理生态研究,发表论文8篇. E-mail: zhangxuelin1998@yahoo.com.cn

责任编辑 张凤丽