

河南省不同纬度生态环境对三种筋型 小麦淀粉糊化特性的影响

张学林^{1,2}, 郭天财^{1*}, 朱云集¹, 李志强³, 王晨阳¹, 马冬云¹, 彭 羽^{1,2}

(1. 河南农业大学国家小麦工程技术研究中心, 郑州 450002; 2. 中国科学院植物研究所, 北京 100093;

3. 许昌市农业技术推广站, 河南许昌 461000)

摘要: 选用 6 个有代表性的强、中、弱筋冬小麦品种在河南省 5 个纬度点(32~360°N)种植, 研究了 3 种筋型小麦品种淀粉糊化特性在不同纬度生态环境条件下的变化。结果表明: 基因型和环境对糊化特性均有显著或极显著影响, 其中生态环境的影响较大, 而且峰值粘度、低谷粘度、稀懈值、最终粘度值均表现为随纬度升高而增加的趋势, 而糊化时间的变化规律不明显。淀粉糊化特性指标的变异系数为低谷粘度>峰值粘度>最终粘度>稀懈值>糊化时间。6 个供试品种中, 弱筋型小麦豫麦 50 的淀粉糊化特性指标值最低, 变异系数最大。播种至成熟期总积温、总日照时数与淀粉糊化特性指标均呈正相关, 总降雨量与其均呈负相关。相关分析和逐步回归结果表明, 5 月份灌浆期不同阶段气象因子对淀粉品质性状的影响效应不同, 其中上、下旬气象因子与淀粉糊化特性的关系更密切。据此对小麦淀粉品质改良、区域化种植和优质高效栽培提出了一些建议。

关键词: 小麦; 纬度; 生态环境; 筋型; 淀粉糊化特性

Environmental effects of different latitudes on starch paste property of three types of gluten wheat in He'nan Province

ZHANG Xue-Lin^{1,2}, GUO Tian-Cai^{1*}, ZHU Yun-Ji¹, LI Zhi-Qiang³, WANG Chen-Yang¹, MA Dong-Yun¹, Peng Yu^{1,2} (1. He'nan Agricultural University, National Engineering Research Center for Wheat, He'nan, Zhengzhou 450002, China; 2. Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100093, China; 3. Agricultural Technique Expansion Station of Xuchang, He'nan, Xuchang 461000, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(9): 2050~2055.

Abstract: Six wheat cultivars that represent strong, medium-strong and weak gluten properties were cultivated at five locations (from 32°N to 36°N) in Henan province to evaluate the variation of starch paste property. Results indicated that both the genotype and environment had significant effect on paste property of starch, but the effect of environment was more pronounced; values of peak viscosity, trough viscosity, breakdown and final viscosity showed an upward tendency with increasing latitude, whereas the variation of paste time was irregular. The variation coefficient of the starch paste property followed the order of: trough viscosity>peak viscosity>final viscosity>breakdown>paste time. Among the six cultivars, Yumai50 had the lowest levels of starch paste property but with the largest variation coefficient. The correlation analysis showed positive relationships between the paste property and the accumulative temperature, sunshine hours, but a negative correlation was found between the paste property and the precipitation. The results of correlation analysis and stepwise regression also indicated that climate factors of different filling stages in May had different effects on the paste property, and that the paste property was more closely related to the climate of the first and the last 10-day period than the second 10-day

基金项目: 国家“十五”重大科技攻关资助项目(2001BA507A02); 河南省“十五”重大科技攻关资助项目(122012300)

收稿日期: 2003-06-23; **修订日期:** 2004-06-20

作者简介: 张学林(1972~), 男, 河南安阳人, 博士生, 主要从事生物地球化学研究。E-mail: xlzhang@ns. ibcas. ac. cn; zhangxuelin98@eyou. com

* **通讯作者** Author for correspondence. E-mail: gmzx-guo@371. net

Foundation item: the National “Tenth Five-Year Plan” Key Program of Science and Technology(No. 2001BA507A02); “Tenth Five-Year Plan” Key Program of Science and Technology of Henan Province(No. 122012300)

Received date: 2003-06-23; **Accepted date:** 2004-06-20

Biography: ZHANG Xue-Lin, Ph. D. candidate, mainly engaged in biogeochemistry. E-mail: xlzhang@ns. ibcas. ac

period of May. Some suggestions were made on the improvement of starch property and regions suitable for planting for quality of winter wheat.

Key words: wheat; latitude; environment; gluten; starch paste property

文章编号:1000-0933(2004)09-2050-06 中图分类号:S181,S512.1 文献标识码:A

淀粉是小麦籽粒的主要成分,其含量约占小麦籽粒总重量的 75%左右,是人类粮食和动物饲料的重要碳源和能源^[1]。小麦淀粉特性主要包括淀粉粒大小、破损程度、直/支链淀粉比例以及糊化特性等,其中淀粉糊化特性是反映淀粉品质的重要指标,它不仅与直/支链淀粉的比例有关,而且对小麦蒸煮品质有重要影响^[2~5]。国内外对小麦蛋白质品质性状已经有了较深入系统的研究,相比较而言,对淀粉品质研究的深度和广度远不及蛋白质。近年来,国内外开展了小麦淀粉糊化特性的研究^[2,6~9],但主要集中在淀粉品质与面食品质的关系上,关于生态环境对淀粉糊化特性影响的研究尚不多见。为此,本试验选用 6 个有代表性的强、中、弱筋冬小麦品种,在河南省自南向北,每个纬度设置一个试验点,研究 3 种筋型小麦品种在不同纬度点种植淀粉糊化特性变化特点及其生态条件对淀粉糊化特性的影响,以期为小麦淀粉品质改良、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

2001~2002 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 3 种不同筋型 6 个冬小麦品种(系),即强筋型品种豫麦 34 和藁麦 8901;中筋型品种豫麦 49 和豫麦 70;弱筋型品种洛阳 8716 和豫麦 50。

1.2 试验设计

在河南省自南向北沿京广线每个纬度设一个试验点,分别为:信阳(32°N)、驻马店(33°N)、许昌(34°N)、武陟(35°N)和汤阴(36°N),5 个试验点的海拔高度基本一致。各试验点土质为当地有代表性的土壤类型,全部试验统一一种源供应,统一试验设计,统一管理方式。试验小区面积 15.2 m²,各小区随机排列,3 次重复。各点按当地适宜播期播种,田间管理按一般高产麦田进行。

1.3 测试分析

小麦成熟后,各试验点统一取样,在中国农科院作物所品质分析室采用澳大利亚新港公司生产的快速粘度测定仪(RVA)测定各试验样品的淀粉糊化特性(RVA),各样品测定参数包括峰值粘度、低谷粘度、稀懈值、最终粘度和糊化时间。采用 DPS 数据处理系统进行实验数据分析。

2 结果与分析

2.1 淀粉糊化特性的方差分析

小麦淀粉品质性状是由品种基因型和生态环境共同作用的结果。方差分析结果表明(表 1),所测淀粉糊化特性各品质性状地点之间的差异均达极显著水平,表明同一品种在不同地点种植,因生态环境不同,淀粉糊化特性存在明显差异;除稀懈值外,其余淀粉品质性状品种间差异均达显著水平,表明品种间在这些淀粉品质性状上存在较大差异。淀粉糊化特性指标地点间差异均大于品种间差异,说明地点环境条件对淀粉糊化特性的影响大于品种遗传因素作用。

表 1 小麦淀粉糊化特性的方差分析

Table 1 Variance analysis of quality characters of starch					
变异来源	峰值粘度	低谷粘度	稀懈值	最终粘度	糊化时间(min)
Source of variation	Peak viscosity	Trough viscosity	Break down	Final viscosity	Paste time
品种间 Varieties	4.86 *	7.38 *	1.84	5.84 *	4.05 *
地点间 Locations	36.16 **	45.76 **	16.32 **	38.72 **	26.44 **

“*”,“**”分别代表 5%和 1%显著水平 Significant at 5% and 1% level,respectively

2.2 不同筋型品种小麦淀粉糊化特性的表现

所测淀粉品质性状的变异系数可以看出(表 2),不同淀粉糊化特性指标的变异程度不同。从其平均值来看,所测定的 5 个淀粉糊化特性指标的变异系数大小依次为低谷粘度>峰值粘度>最终粘度>稀懈值>糊化时间。在 6 个供试品种中,同一筋型品种,其变异程度并不相同,5 个淀粉糊化特性指标均以弱筋型小麦品种豫麦 50 的变异系数为最大,以豫麦 49 的变异系数最小(稀懈值除外),其次为豫麦 34(糊化时间除外)。由此说明不同筋型品种由于遗传基础的差异,受环境等因素的影响程度不同,其中变异小的品种在生产上种植,有利于保持该品种淀粉糊化特性的稳定性,而变异系数大的品种通过适宜的生态环境条件和优化的栽培管理措施,其淀粉糊化特性的提高潜力较大。

从不同筋型小麦品种间淀粉糊化特性的比较结果可以看出(表 3),6 个供试品种中,所测定的 5 个淀粉糊化特性指标均以弱筋型品种豫麦 50 的值最低,除稀懈值和糊化时间外,与其余 5 个品种的糊化特性指标差异均达显著或极显著水平,这是方差

分析中品种间淀粉品质性状差异显著的原因,而其余 5 个供试品种间淀粉糊化特性指标差异均不显著。由此说明在供试的 3 种筋型 6 个冬小麦品种中,除豫麦 50 外,强筋、中筋、弱筋型品种间的淀粉糊化特性指标无明显差异,这可能是参试品种间淀粉糊化特性差异较小所致。

表 2 不同品种淀粉糊化特性的变异系数

Table 2 Variation coefficient of starch paste characters of different cultivars						
筋型 Gluten	品种 Variety	峰值粘度 Peak viscosity	低谷粘度 Trough viscosity	稀懈值 Breakdown	最终粘度 Final viscosity	糊化时间 Paste time(min)
强筋型	豫麦 34yumai34	29.57	36.86	21.90	28.83	7.37
Strong gluten	藁麦 8901gaomai8901	35.04	43.19	19.35	40.60	10.62
中筋型	豫麦 49yumai49	16.53	18.61	22.11	15.14	3.63
Middle gluten	豫麦 70yumai 70	41.56	46.70	38.58	40.43	6.79
弱筋型	洛阳 8716luoyang8716	34.19	37.73	37.01	32.47	5.13
Weakgluten	豫麦 50yumai50	61.42	59.96	67.38	58.77	12.56
	cv 平均值	36.39	40.51	34.39	36.04	7.68

表 3 淀粉糊化特性在不同品种间的比较

Table 3 Comparison of starch paste characters among different cultivars						
筋型 Gluten	品种 Variety	峰值粘度 Peak viscosity	低谷粘度 Trough viscosity	稀懈值 Breakdown	最终粘度 Final viscosity	糊化时间 Paste time(min)
强筋型	豫麦 34yumai34	1895.4aA	1330.8aA	564.6abA	1961.6aA	6.26aA
Strong gluten	藁麦 8901gaomai8901	1780.2aA	1266.2aA	514.0abA	1916.4aA	6.16aAB
中筋型	豫麦 49yumai49	1844.0aA	1328.0aA	516.0abA	2016.6aA	6.28aA
Middle gluten	豫麦 70yumai 70	1759.2aA	1156.6aA	620.6aA	1794.8aA	6.02abAB
弱筋型	洛阳 8716luoyang8716	1856.4aA	1356.4aA	500.0abA	2025.2aA	6.26aA
Weak gluten	豫麦 50yumai50	1265.2bB	825.4bB	439.8bA	1332.0bB	5.78bB

均值后字母不同表示差异显著,小写字母和大写字母分别表示 5%和 1%的显著水平 Means followed by the small and capital letters are significant at 5%and 1% levels,respectively

2.3 不同地点小麦淀粉糊化特性的表现

由表(4)可以看出:不同淀粉品质指标在不同地点的变异程度不同,其总的趋势是除武陟点外,所测定的 5 个淀粉糊化特性指标的变异系数均随纬度升高而降低。至于武陟点(35°N)所测定的淀粉糊化特性变异系数比汤阴点小的原因是由于土壤质地还是土壤肥力或其它因素造成的有待进一步研究。

表 4 不同地点淀粉糊化特性的变异系数

Table 4 Variation coefficient of starch paste characters of different locations					
地点 Location	峰值粘度 Peak viscosity	低谷粘度 Trough viscosity	稀懈值 Break down	最终粘度 Final viscosity	糊化时间 Paste time(min)
汤阴 Tangyin	12.02	13.38	16.96	10.79	2.01
武陟 Wuzhi	6.16	11.12	10.10	7.28	2.59
许昌 Xuchang	18.51	20.18	17.00	16.62	2.68
驻马店 Zhumadian	23.50	25.03	28.09	21.61	3.61
信阳 Xinyang	47.03	62.46	36.92	58.30	9.55

由淀粉糊化特性在不同地点的变化可以看出(图 1、图 2):峰值粘度、低谷粘度、稀懈值、最终粘度值的地点间变化均表现出由南向北随纬度升高呈逐渐增加的趋势,而糊化时间的变化趋势则不太明显。所测定的 5 个淀粉糊化特性指标的最大值均出现在纬度较高的汤阴点(36°N),除稀懈值外,其余品质指标的最小值均出现在信阳点(32°N)。由此进一步表明,就淀粉糊化特性而言,纬度较高的豫北地区的品质高于纬度较低的豫中南部地区,豫中地区的淀粉品质性状则介于二者之间。

2.4 淀粉糊化特性与主要气象因子的相关分析

淀粉糊化特性与主要气象因子相关分析结果表明(表 5):小麦播种至成熟期总积温和总日照时数与 5 个淀粉糊化特性指标均呈正相关,总日照时数与峰值粘度、稀懈值之间的相关系数达显著水平;播种至成熟期总降雨量与 5 个淀粉糊化特性指标均呈负相关,其中与峰值粘度相关性达极显著水平,与低谷粘度、最终粘度的相关性达到显著水平。由此表明,气象因子对小

麦淀粉品质有重要影响,即在小麦整个生育期内较高的气温和较多的日照时数对提高淀粉糊化特性有利,而较多的降雨量则会降低淀粉糊化特性的品质,同时也进一步阐明了河南纬度较高的豫北地区小麦的淀粉糊化特性品质之所以高于豫南地区,主要是由于小麦生育期间不同地点的光、温、降水气象生态因子的差异造成的,从而为河南小麦品质生态区划奠定了理论依据。

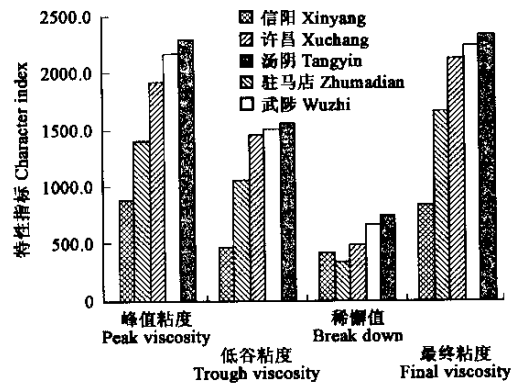


图 1 淀粉糊化特性指标在不同地点的变化

Fig. 1 Variation of paste character among different locations

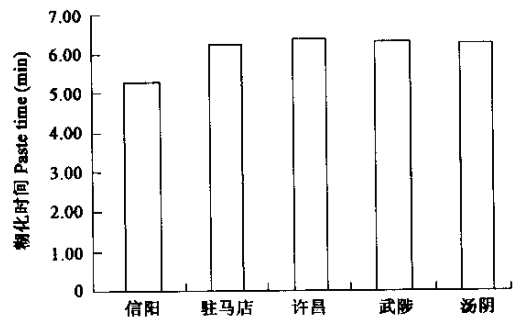


图 2 糊化时间在不同地点的变化

Fig. 2 Variation of paste time among different locations

表 5 淀粉糊化特性与气象因子之间的相关系数

	峰值粘度 Peak viscosity	低谷粘度 Trough viscosity	稀懈值 Break down	最终粘度 Final viscosity	糊化时间 Paste time(min)
总积温(℃)①	0.3385	0.2555	0.4548	0.2789	0.1923
降雨量(mm)②	-0.9887**	-0.9462*	-0.8649	-0.9523*	-0.7866
日照时数(h)③	0.9393*	0.8624	0.9188*	0.8659	0.6514

$n=3, r=0.878, R=0.959$ 。总积温、总降雨量、总日照时数均为出苗到成熟,①Amount of temperature for seedling~maturation,②amount of precipitation for seedling~maturation,③and duration of sunshine for seedling~maturation

河南省 5 月份是小麦籽粒灌浆、也是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,以 X_1 、 X_2 、 X_3 分别表示 5 月上旬;以 X_4 、 X_5 、 X_6 分别表示 5 月中旬;以 X_7 、 X_8 、 X_9 分别表示 5 月下旬的旬均气温、日照时数、降雨量,对 5 月份气象因子与小麦淀粉品质性状进行了相关分析,结果表明(表 6),5 个淀粉性状指标与 5 月上、中、下旬均气温、日照时数均呈正相关;除峰值粘度、稀懈值与中旬降雨量外,与 5 月上、中、下旬降雨量均呈负相关,说明 5 月份旬均气温高、日照时间长对淀粉糊化特性有利,而降雨量增加会降低淀粉糊化特性。其中只有上、下旬的日照时数和降雨量与峰值粘度;下旬的日照时数和降雨量与低谷粘度;上旬日照时数与稀懈值;上、下旬降雨量及下旬日照时数与最终粘度;下旬日照时数与糊化时间的相关系数分别达到显著或极显著水平。由表 6 还可以看出,5 月上、下旬气象因子与淀粉糊化特性的相关系数均大于中旬的相关系数,说明 5 月上、下旬气象条件与淀粉糊化特性的关系更密切。

逐步回归分析结果(方程(1)~(5))表明,影响峰值粘度的主要气象因子是上、中旬均气温、下旬降雨量;其中上旬均气温为正效应,中旬均气温、下旬降雨量为负效应。影响低谷粘度、稀懈值、糊化时间的气象因子主要为上、下旬日照时数和上旬降雨量,而影响最终粘度的气象因子主要为上、下旬日照时数,但不同品质性状影响效应不同,其中除糊化时间外,上旬日照时数与这 3 个性状为正效应;下旬日照时数对低谷粘度、最终粘度、糊化时间为正效应,对稀懈值为负效应;上旬降雨量对低谷粘度、糊化时间为正效应,对稀懈值为负效应。由此进一步说明 5 月上、下旬气象条件与淀粉糊化特性的关系密切,主要是由于上旬和下旬日照时数、降雨量的缘故:

$$\text{峰值粘度} = -3580.1849 + 787.5036X_1 - 338.3456X_4 - 64.8292X_9 \tag{1}$$
$$\text{低谷粘度} = -659.3674 + 11.6789X_2 + 3.8512X_3 + 15.6848X_8 \tag{2}$$
$$\text{稀懈值} = 450.3212 + 10.9174X_2 - 1.3087X_3 - 2.5284X_8 \tag{3}$$
$$\text{最终粘度} = 97.6788 + 9.4943X_2 + 18.4619X_8 \tag{4}$$
$$\text{糊化时间} = 4.5828 - 0.0068X_2 + 0.0018X_3 + 0.0213X_8 \tag{5}$$

3 讨论

淀粉粘度参数均受基因型、环境及基因型与环境互作的影响^[7,10~13]。我国春小麦的淀粉糊化特性品种间和地点间变异较大^[13]。本研究结果表明,除稀懈值的品种间差异外,其余淀粉品质性状的品种间、地点间差异均达显著或极显著水平,环境因素对淀粉品质性状的影响均大于基因型的影响,这与张勇等^[13]、姚大年^[14]的研究结果相一致。由于不同品质类型小麦品种淀粉积累过程有差异^[15,16],因此不同筋型品种无论种植在哪里,都始终保持其品质性状的相对差异,如试验中弱筋型品种豫麦 50。

表 6 5 月各旬气象因子与淀粉糊化特性之间的相关系数

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9
峰值粘度 Peakviscosity	0.7943	0.9282 *	-0.9241 *	0.1904	0.3229	0.0043	0.5874	0.9293 *	-0.9446 *
低谷粘度 Troughviscosity	0.7190	0.8288	-0.8694	0.1237	0.4164	-0.0032	0.6894	0.9814 **	-0.9598 **
稀懈值 Break down	0.8043	0.9747 **	-0.8405	0.3201	0.0053	0.0520	0.1760	0.5689	-0.6845
最终粘度 Final viscosity	0.7157	0.8309	-0.8847 *	0.1119	0.3912	-0.0441	0.6784	0.9838 **	-0.9618 **
糊化时间 Paste time(min)	0.5214	0.5629	-0.7292	0.0018	0.4958	-0.1434	0.7930	0.9755 **	-0.8703

$n = 3, r = 0.878, R = 0.959$; X_1 average temperature of the first ten day of May, X_2 sunshine hours of the first ten day of May, X_3 precipitation of the first ten day of May, X_4 average temperature of the middle ten day of May, X_5 sunshine hours of the middle ten day of May, X_6 precipitation of the middle ten day of May, X_7 average temperature of the last ten day of May, X_8 sunshine of the last ten day of May, X_9 precipitation of the last ten day of May

阎俊等^[2]指出,峰值粘度和稀懈值的总体变化趋势是从北向南逐渐减小,这与本试验结果峰值粘度、低谷粘度、稀懈值、最终粘度均表现为随纬度升高而增加相一致,而糊化时间随纬度的变化规律不明显。小麦淀粉糊化特性的这种变化趋势与河南省优质小麦生产实际相吻合。气象因子是影响淀粉糊化特性变化的重要因素之一,低谷粘度和峰值时间与播种至成熟期降雨量呈 5% 水平显著负相关^[13],而本试验结果表明,峰值粘度、低谷粘度、最终粘度均与播种至成熟期总降雨量呈显著或极显著负相关,峰值粘度、稀懈值与播种至成熟期总日照时数呈显著正相关。本试验还表明,5 月份各旬不同气象因子与不同淀粉糊化特性性状的关系不同,影响效应也不同,其中 5 月上、下旬气象条件与淀粉糊化特性的关系更密切,可能是上旬小麦灌浆前期气象条件适宜或胁迫直接关系到灌浆能否发生;下旬灌浆末期,适宜的气象条件可以维持根系及叶片酶活性、减缓叶片衰老、增加光合产物的积累量、延长籽粒中淀粉的沉积时间^[17,18],其具体原因有待于进一步研究。由于本文是一年的试验结果,同时籽粒灌浆期的雨量、空气温度、湿度、养分供应、土壤状况均对小麦品质影响明显^[19],因此系统了解各种气象因子对淀粉糊化特性的影响还需要进一步多年多点综合考虑深入研究,确定不同气象因子与淀粉糊化特性的关系及其影响规律,为因地制宜、趋利避害、优化布局不同品质类型,充分利用各地自然资源发展优质小麦生产提供依据。

淀粉对面条等食品的柔软度、光滑度等食用品质有重要影响^[1,20,21],究其原因,主要是与面粉中淀粉的糊化特性及直链淀粉含量有关^[22],说明淀粉糊化特性是反映淀粉品质的重要指标。根据本试验结果,要提高小麦品质,在生产上应注意选用产量、蛋白质和淀粉综合性状优良的优质高产品种,在适宜生态区内实行规模化种植,同时根据不同地点、不同时期影响淀粉品质性状的主要气象因子,采用适当的栽培管理措施,使产量和各品质性状得到兼顾^[23],以充分发挥品种的遗传潜力和各地的资源优势,实现优质小麦的高效生产。

References:

[1] Gao S J,Guo T C,Wu X F,*et al.* Advances of studies on the key enzymes of composition and the main phsical-chemical characteristics of wheat starch. *Journal of He'nan Agricultural University*,2002,**36**(4):313~318.

[2] Yan J,Zhang Y,He Z H. Investigation on paste property of Chinese wheat. *Scientia Agricultura Sinica*,2001,**34**(1):9~13.

[3] Guo T C,Cao G C. wheat Quality. In:Cao G C ed. *Wheat Ecology of Quality*,Beijing:China Science and Technology Press,1994. 1~19.

[4] Oh N H,Seib P A,Ward A B,*et al.* Noodles. IV. Influence of flour protein,extraction rate,particle size,and starch damage on the quality characteristics of dry noodle. *Cereal Chem.*,1985,**62**:441~446.

[5] Ross A S,Quail K J,Crosbie G B. Physicochemical properties of Australian flours influence the texture of yellow alkaline noodles. *Cereal Chem.*,1997,**74**:814~820.

[6] Yao D N,Li B Y,Zhu J B,*et al.* Study on Main Starch Properties and Predictive indexes of Noodle Quality in Common Wheat (*Triticum aestivum*). *Scientia Agricultura Sinica*,1999,**32**(6):84~88.

[7] Yao D N,Li B Y,Liang R Q,*et al.* Effects of Wheat Genotypes and Environments to Starch Properties and Noodle Quality. *Journal of China University*,2000,**5**(1):63~68.

[8] Oda M,Yasuda Y,Okazaki S,*et al.* A method for flour quality assessment for Japanese noodles. *Cereal Chemistry*,1980,**57**:253~255.

[9] Li T,Xu C W,Hu Z Q,*et al.* RVA Pasting Properties of Wheat Hybrid and the Relations with Their Parents. *Journal of Triticease Crops*,2003,**23**(1):17~20.

[10] Morris C F,Shackley B J, King G E,*et al.* Genotype and environment variation for flour swelling volume in wheat. *Cereal Chemistry*, 1997,**74**(1):16~21.

[11] Huang S,Quail K,Moss R,*et al.* Objective methods for quality assessment of northern style Chinese steamed bread. *J. Cereal. Sci.* , 1995,**21**:49~55.

[12] McCormick K M,Panozzo J F,Eagles H A,*et al.* A swelling power test for selecting potential noodle quality wheats. *Aust. J. Agric. Res.* ,1994,**42**:317~323.

[13] Zhang Y,He Zh H. Investigation on Paste Property of Spring-sown Chinese Wheat. *Scientia Agricultura Sinica*,2002,**35**(5):471~475.

[14] Yao D N,Liou G T,Zhu J B,*et al.* Effects of genotypes and environments on starch properties and flour viscosity parameters of common wheat. *Cereal & Feed Industry*,1999,**6**:1~4.

[15] Fang X W,Jiang D,Dai T B, *et al.* Genetic difference in dynamic accumulation of protein and starch in the wheat grains with different protein contents. *Journal of Triticease Crops*,2002,**22**(2):42~45.

[16] Liou X B,Wang G H,Yang S P,*et al.* Effect of different fertilization level on the accumulation of starch and protein in spring wheat. *Research of Agricultural Modernization*,1998,**19**(3):187~189.

[17] Guo W S,Shi J S,Peng Y X,*et al.* Effects of high temperature on transportation of assimilate from wheat flag leaf during grain filling stage. *Acta Agriculturae Nucleatae Sinica*,1998,**12**(1):21~27.

[18] Guo T C,Wang C Y,Zhu Y J,*et al.* Effects of high temperature on the senescence of root and top-partial of wheat plant in the later stage. *Acta Agronomica Sinica*,1998,**24**(6):957~962.

[19] Li J X,Fan W Q,Bao G R,*et al.* The influence of climate on wheat quality. *Journal of Inner Mongolia University for Nationalities*,2002, **17**(1):89~91.

[20] Crosbie G B.The Relationship between starch swelling proper ties,paste viscosity and boiled noodle quality in wheat flour. *Journal of Cereal Science*,1991,**13**:145~150.

[21] Toyokawa H,Rubenthaler G L,Powers J R,*et al.* Japanese noodle qualities II . Starch components,*Cereal Chemistry*,1989,**66**:387~391.

[22] Wang X X,Su D M. The relation between wheat starch and wheat quality. *Cereal & Feed Industry*,2000,**9**:4~5.

[23] Du Z,Yang X J,Liou G R,*et al.* Studies on the relations between starch properties of wheat flour and baking quality. *Journal of Agricultural University of Hebei*,2002,**25**(4):29~33.

参考文献:

[1] 高松洁,郭天财,吴雪峰,等. 小麦淀粉合成关键酶与淀粉主要理化特性研究进展. 河南农业大学学报,2002,**36**(4):313~318.

[2] 阎俊,张勇,何中虎. 小麦品种糊化特性研究. 中国农业科学,2001,**34**(1):9~13.

[3] 郭天财. 小麦籽粒品质. 见:曹广才主编. 小麦品质生态. 北京:中国科学技术出版社,1994. 1~19.

[6] 姚大年,李保云,朱金宝,等. 小麦品种主要淀粉性状及面条品质预测指标的研究. 中国农业科学,1999,**32**(6)84~88.

[7] 姚大年,李保云,梁荣奇,等. 基因型和环境互作对淀粉性状和面条品质的影响. 中国农业大学学报,2000,**5**(1):63~68.

[9] 李稻,徐辰武,胡治球,等. 小麦杂种面粉糊化特性及其与亲本的关系. 麦类作物学报,2003,**23**(1):17~20.

[13] 张勇,何中虎. 我国春播小麦淀粉糊化特性研究. 中国农业科学,2002,**35**(5):471~475.

[14] 姚大年,刘广田,朱金宝,等. 基因型和环境对小麦品种淀粉性状和面粉粘度参数的影响. 粮食与饲料工业, 1999,**6**:1~4.

[15] 方先文,姜东,戴廷波,等. 不同品质类型小麦籽粒蛋白质淀粉积累过程的基因型差异. 麦类作物学报,2002,**22**(2):42~45.

[16] 刘晓冰,王光华,杨恕平,等. 不同施肥水平对春小麦籽粒淀粉蛋白质积累的影响. 农业现代化研究, 1998,**19**(3):187~189.

[17] 郭文善,施劲松,彭永欣,等. 灌浆期高温对小麦光合产物运转的影响. 核农学报,1998. **12**(1):21~27.

[18] 郭天财,王晨阳,朱云集,等. 后期高温对冬小麦根系及地上部衰老的影响. 作物学报,1998,**24**(6):957~962.

[19] 李景欣,范伟全,包桂荣,等. 气候条件对内蒙古地区小麦品质的影响. 内蒙古民族大学学报(自然科学版),2002,**17**(1):89~91.

[22] 王晓曦,苏东民. 小麦淀粉与小麦品质之间的关系. 粮食与饲料工业,2000,**9**:4~5.

[23] 杜朝,杨学举,刘桂茹,等. 小麦面粉淀粉特性与烘烤品质关系的研究. 河北农业大学学报,2002,**25**(4):29~33.