

# 拔节期追氮对不同季节糯玉米淀粉糊化特性的影响

陆大雷<sup>1</sup>, 景立权<sup>1</sup>, 王德成<sup>1</sup>, 韩晴<sup>1</sup>, 郭换粉<sup>1</sup>, 赵久然<sup>2</sup>, 陆卫平<sup>1,\*</sup>

(1. 扬州大学江苏省作物遗传生理重点实验室/农业部长江中下游作物生理生态与栽培重点开放实验室, 江苏扬州 225009;

2. 北京市农林科学院玉米研究中心, 北京 100097)

**摘要:**明确基因型、生长环境和栽培措施对糯玉米淀粉糊化特性的影响可以调控淀粉品质。以垦粘1号、苏玉糯1号和苏玉糯5号为材料,研究了拔节期追氮量( $0$ 、 $150 \text{ kg hm}^{-2}$ 和 $300 \text{ kg hm}^{-2}$ )对春季和秋季淀粉糊化特性的影响。结果表明:生长季节对淀粉糊化特性的影响大于基因型和拔节期追氮处理。秋季生长条件下的糯玉米淀粉具有较高的峰值黏度、谷值黏度、崩解值和终值黏度;拔节期适量追氮处理下糯玉米淀粉糊化特性较不追氮差异较小,但过量追氮峰值黏度和崩解值下降,糊化温度升高。相关分析表明,峰值黏度和谷值黏度、崩解值和终值黏度呈显著或极显著正相关,且峰值黏度、崩解值和峰值时间以及糊化温度呈显著或极显著负相关。以垦粘1号为材料,春季条件下生长并拔节期追施氮 $300 \text{ kg hm}^{-2}$ ,秋季条件下生长并拔节期追施氮 $150 \text{ kg hm}^{-2}$ ,淀粉的糊化特性较优,即具有较高的峰值黏度和崩解值。

**关键词:**糯玉米;淀粉;糊化特性;生长季节;拔节期追氮

## The starch pasting properties in different nitrogen topdressing treatments under spring and autumn season of waxy maize varieties

LU Dalei<sup>1</sup>, Jing Liquan<sup>1</sup>, WANG Decheng<sup>1</sup>, HAN Qing<sup>1</sup>, GUO Huanfen<sup>1</sup>, ZHAO Jiuran<sup>2</sup>, LU Weiping<sup>1,\*</sup>

1 Key Laboratory of Crop Genetics and Physiology of Jiangsu Province/Key Laboratory of Crop Physiology, Ecology and Cultivation in Middle and Lower Reaches of Yangtze River of Ministry of Agriculture, Yangzhou University, Yangzhou 225009, Jiangsu, China

2 Maize Research Center, Beijing Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Beijing 100097, China

**Abstract:** The waxy maize starch quality could be adjusted through understanding the effects of genotypes, growing environments, and cultivation measures on it. The effects of nitrogen (N) top-dressing ( $0$ ,  $150 \text{ kg hm}^{-2}$  and  $300 \text{ kg hm}^{-2}$ ) at jointing stage on waxy maize starch pasting properties were studied under spring and autumn seasons using Kennian 1, Suyunuo 1 and Suyunuo 5 as materials. The results showed the season effect was larger on starch pasting properties than that of genotype grown and N applied. The starch in the grains of waxy maize grown in autumn exhibited higher peak viscosity, trough viscosity, breakdown and final viscosity as compared to that grown in spring. The suitable amount of N application at jointing stage (i. e.,  $150 \text{ kg hm}^{-2}$ ) had limited effect on the starch pasting properties, while the excessive N topdressing (i. e.,  $300 \text{ kg hm}^{-2}$ ) decreased peak viscosity and breakdown, and increased pasting temperature. Correlation analysis indicated that the peak viscosity was positively correlated to trough viscosity ( $r = 0.75$ ,  $P < 0.01$ ), breakdown ( $r = 0.96$ ,  $P < 0.01$ ) and final viscosity ( $r = 0.57$ ,  $P < 0.05$ ), but both peak viscosity and breakdown correlated significantly and negatively with peak time ( $r = -0.50$  and  $-0.56$ ,  $P < 0.05$ , respectively) and pasting temperature ( $r = -0.86$  and  $-0.92$ ,  $P < 0.01$ , respectively). For Kennian 1 grown under the conditions of this experiment, grains produced in spring under high N application ( $300 \text{ kg hm}^{-2}$ ) at jointing stage, as well as those produced in autumn under medium N supply ( $150 \text{ kg hm}^{-2}$ ) at jointing stage, showed trends of better starch pasting property with higher peak viscosity and breakdown.

**基金项目:**国家自然科学基金资助项目(30971731);北京市自然科学基金资助项目(YZPT02-06);江苏省作物栽培生理重点实验室开放课题资助项目(02738800372)

**收稿日期:**2008-11-12; **修订日期:**2009-03-14

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: wplu@yzu.edu.cn

**Key Words:** waxy maize; starch; pasting property; growth season; nitrogen topdressing at jointing stage

淀粉的理化特性不仅决定于该淀粉来源的遗传背景,同时还受到环境因素的影响,以及肥料的调控<sup>[1]</sup>。Tester<sup>[2]</sup>指出,如果不能阐明生长环境对淀粉糊化特性的影响而仅依靠选择不同品种来满足特定需要是不现实的。在玉米生产中,氮肥主要分为基肥和追肥施用,但玉米在拔节前对氮素的需要量小<sup>[3]</sup>,其产量的提高主要决定于追肥处理<sup>[4]</sup>。薛林等<sup>[5]</sup>研究表明,氮素以基施结合拔节期追施处理下产量最高。本课题组前期对糯玉米氮素吸收利用状况研究<sup>[6]</sup>表明,高产主要是增加了拔节期以后的吸氮量,且糯玉米淀粉糊化特性受拔节期追氮影响大于基肥配比对其影响<sup>[7]</sup>。Wilkins 等<sup>[8]</sup>研究表明,种植年份和基因型对糯玉米乙酰化淀粉的糊化特性存在一定影响。本课题组的前期研究亦表明,糯玉米淀粉存在显著的基因型差异<sup>[9]</sup>,且氮磷钾配施对其有一定影响<sup>[7]</sup>。然而糯玉米淀粉在不同生长季节下是否存在较大差异,且品种在不同季节下对氮肥的响应是否存在差异尚缺乏相应报道。为此,本研究选用我国具有较大种植面积的国家糯玉米区域试验对照品种为材料,在不同生长季节下种植,研究了拔节期追氮量对不同生长季节下淀粉糊化特性的影响,以期为糯玉米淀粉品质改良提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料与试验设计

供试材料为垦粘1号、苏玉糯1号和苏玉糯5号,分别为国家糯玉米区试东北华北区、黄淮海区和南方区对照品种,在我国具有较大种植面积,种子由国家农业技术推广中心品种管理处提供。

试验于2008年在扬州大学实验农牧场进行,春季于3月15日播种,7月20日收获,秋季于7月23日播种,10月10日收获。灌浆结实期气候条件为:春季,平均温度27.0℃,降水185.4 mm,日照191.7 h;秋季,平均温度22.8℃,降水94.0 mm,日照224.5 h。土壤含全氮0.93 g kg<sup>-1</sup>、速效氮43.5 mg kg<sup>-1</sup>、速效磷25.1 mg kg<sup>-1</sup>、速效钾79.4 mg kg<sup>-1</sup>。试验采用裂区设计,以品种为主区,基肥施纯氮、磷(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)、钾(K<sub>2</sub>O)分别为75、65 kg hm<sup>-2</sup>和70 kg hm<sup>-2</sup>,以拔节期追氮量为副区,设纯氮0、150 kg hm<sup>-2</sup>和300 kg hm<sup>-2</sup>3个水平。2次重复,共18个小区,小区面积24m<sup>2</sup>,种植密度为5.25万株 hm<sup>-2</sup>。其它管理措施统一按常规要求实施。

### 1.2 粒粒淀粉分离

春季和秋季花后40d左右收获,连续收获10株,果穗晒干脱粒后混匀,称取100 g 粒粒样品,采用本课题组已报道的方法<sup>[7]</sup>分离淀粉用于RVA糊化特性分析。

### 1.3 淀粉糊化特性测定

用澳大利亚Newport Scientific公司生产的3D型快速黏度分析仪(RVA)测定淀粉糊化特性。淀粉配置成总重为28 g,淀粉浓度为7%的淀粉糊,参照Chang等<sup>[11]</sup>的方法进行测定。黏度值用“RVU (Rapid Visco Units)”表示。RVA谱特征参数包含峰值黏度(PV, peak viscosity)、谷值黏度(TV, trough viscosity)、崩解值(BD, breakdown)、终值黏度(FV, final viscosity)、回复值(SB, setback)、峰值时间(PT, peak time)和糊化温度(P<sub>temp</sub>, pasting temperature)。

### 1.4 统计分析与图谱绘制

数据采用DPS 3.0软件进行统计及相关分析,采用LSD法测验显著性。采用EXCEL 2000绘制RVA谱。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同处理下糯玉米籽粒淀粉的糊化特性

从表1可知,糯玉米淀粉糊化特征值均存在显著的基因型差异,且生长季节对各项指标有显著影响,氮肥处理对峰值黏度、崩解值、回复值和糊化温度存在显著影响,但对其它指标无显著影响。生长季节、拔节期追氮和基因型两两互作或三者互作均对回复值和峰值时间存在显著影响。此外,基因型和拔节期追氮互作对峰值黏度、崩解值和糊化温度存在显著影响,生长季节和基因型互作对峰值黏度、谷值黏度和糊化温度存在显著影响,生长季节、拔节期追氮和基因型对峰值黏度存在显著影响。

表1 不同处理下糯玉米淀粉的 RVA 特征值

Table 1 Starch RVA characteristics under different treatments in waxy maize

处理 Treatment		品种 Variety	季节 Season	氮 N (kg hm <sup>-2</sup> )	峰值黏度	谷值黏度	崩解值	终值黏度	回复值	峰值时间	糊化温度		
					PV/ RVU	TV/ RVU	BD/ RVU	FV/ RVU	SB/ RVU	PT/ min	Ptemp/ ℃		
垦粘1号	春季 Spring	0	142.3 i	71.7 c	70.6 i	85.5 abede	13.8 b	4.1 b	72.7 cd				
			150	139.9 ij	67.3 cde	72.6 hi	81.0 cdefgh	13.7 b	4.1 b	72.8 cd			
			300	150.5 fg	73.3 c	77.2 gh	86.0 abcd	12.7 bc	4.3 a	72.3 d			
	秋季 Autumn	0	173.7 ab	82.2 a	91.5 bc	89.3 ab	7.0 fg	3.9 c	68.4 f				
			150	178.8 a	80.6 ab	98.1 a	87.8 abc	7.2 fg	3.9 c	68.4 f			
			300	167.5 bc	71.6 c	95.8 ab	81.8 cdefgh	10.2 d	3.9 c	68.4 f			
苏玉糯1号	春季	0	140.4 i	71.5 c	68.8 ij	77.5 ghi	6.0 g	4.1 b	73.1 bc				
			150	127.9 kl	63.1 de	64.8 jk	76.0 hi	12.8 bc	4.1 b	73.5 ab			
			300	122.1 l	60.2 e	62.0 kl	72.5 i	12.4 bc	4.1 b	73.9 a			
	秋季	0	158.6 de	72.8 c	85.8 de	82.1 bcdefgh	9.3 de	4.1 b	68.4 f				
			150	152.0 fg	68.8 cd	83.2 ef	77.6 fghi	8.8 e	3.9 c	68.3 f			
			300	148.9 gh	69.0 cd	79.9 fg	79.3 defghi	10.4d	3.9 c	69.4 e			
苏玉糯5号	春季	0	141.3 i	72.8 c	68.5 ij	79.2 defghi	6.4 g	4.1 b	73.2 bc				
			150	142.5 hi	70.6 c	72.0 i	78.5 efghi	8.0 ef	4.1 b	73.9 a			
			300	133.6 jk	74.2 bc	59.5 l	90.3 a	16.2 a	4.2 ab	73.9 a			
	秋季	0	158.8 de	69.3 cd	89.5 cd	82.0 bcdefgh	12.8 bc	3.9 c	68.3 f				
			150	163.3 cd	71.5 c	91.8 bc	83.7 abedfg	12.2 c	4.2 ab	68.4 f			
			300	156.5 ef	72.2 c	84.3 ef	85.0 abedef	12.8 bc	4.1 b	68.3 f			
F-value													
氮素 N													
570.2 **													
季节 S													
95.6 **													
品种 V													
8.5 **													
品种 × 氮素 V × N													
3.4													
季节 × 氮素 S × N													
6.4 **													
季节 × 品种 S × V													
6.5 **													
季节 × 品种 × 氮素 S × V × N													

表中数据为两次重复的均值,同一列中不同字母表示在 0.05 水平上存在显著差异(LSD 法); \* 和 \*\* 分别表示 0.05 和 0.01 显著水平

PV, peak viscosity; TV, trough viscosity; BD, breakdown; FV, final; SB, setback; PT, peak time; P<sub>temp</sub>, pasting temperature

糯玉米各品种在不同生长季节下对拔节期追氮量的响应存在显著的基因型差异(表1)。对垦粘1号而言,在春季生长季节下,拔节期追氮对谷值黏度、终值黏度、回复值和糊化温度无显著影响;峰值黏度、崩解值和峰值时间在拔节期追氮 150 kg hm<sup>-2</sup> 或不追氮处理下无显著差异,但低于拔节期追氮 300 kg hm<sup>-2</sup> 处理。在秋季生长季节下,拔节期追氮量对垦粘1号的糊化温度和峰值时间无显著影响;峰值黏度和崩解值随着拔节期追氮量的增加呈先升后降趋势;谷值黏度和终值黏度随着拔节期追氮量的增加而降低,而回复值表现恰好相反。对苏玉糯1号而言,在两个生长季节下,峰值黏度和崩解值均随着拔节期追氮量的增加而降低,而终值黏度无显著差异;谷值黏度在拔节期追氮 150 kg hm<sup>-2</sup> 或 300 kg hm<sup>-2</sup> 处理下显著差异,但均低于不追氮处理,峰值时间在春季条件下表现和谷值黏度相同,但其在春季条件下无显著差异;回复值和糊化温度在春季条件下表现为追氮 150 kg hm<sup>-2</sup> 或追氮 300 kg hm<sup>-2</sup> 时无显著差异,但均高于不追氮处理,这两项指标在秋季条件下表现为在追氮 150 kg hm<sup>-2</sup> 或不追氮时无显著差异,但均低于追氮 300 kg hm<sup>-2</sup> 处理。对苏玉糯5号而言,在春季和秋季生长季节下,拔节期追氮处理对谷值黏度无显著影响,峰值黏度和崩解值在追氮 150 kg hm<sup>-2</sup> 或不追氮时无显著差异,但高于追氮 300 kg hm<sup>-2</sup> 处理。终值黏度在拔节期追氮 150 kg hm<sup>-2</sup> 或不追氮时无显著差异,但低于追氮 300 kg hm<sup>-2</sup> 处理;回复值在春季条件下随着追氮量的增加而提高,但其在秋季生长条件下

则无显著差异;在春季生长季节下,峰值时间相对稳定,但在秋季生长条件下则表现为追氮处理高于不追氮处理,而糊化温度的表现相反。从表1可见,在本试验条件下,春季生长季节下以垦粘1号在拔节期追氮 $300\text{ kg hm}^{-2}$ 时,秋季生长季节下以垦粘1号在拔节期追氮 $150\text{ kg hm}^{-2}$ 时淀粉具有较高的峰值黏度、崩解值和终值黏度。

统计分析表明,峰值黏度、崩解值、峰值时间和糊化温度主要受季节影响,其变异分别占总变异的81.1%、89.0%、65.8%和98.3%,品种间变异分别占总变异的13.6%、7.7%、4.0%和0.6%,而拔节期追氮处理下变异仅为1.7%、1.1%、1.2%和0.2%,说明选择合适的季节是改良这几项RVA指标的关键,其次为选择合适的品种。谷值黏度和回复值主要受品种调控,其变异分别占总变异的31.8%和53.6%,其次为生长季节,其变异分别占总变异的27.6%和15.4%,拔节期追氮量处理下这两项指标的变异分别为9.0%和3.6%。而回复值主要在单因素中主要受追氮量影响,其变异占总变异的23.7%,其次为生长季节(10.5%),品种间差异最小(4.7%)。

## 2.2 不同处理对糯玉米籽粒淀粉糊化特性的影响

### 2.2.1 拔节期追氮对糯玉米籽粒淀粉糊化特性的影响

从图1可知,拔节期追氮量对糯玉米淀粉的谷值黏度、峰值时间和最终黏度无显著影响;回复值和糊化温度随着拔节期追氮量的增加有所增加,但幅度较小(9.2 RVU—12.4 RVU和70.7—71.0 °C);峰值黏度和崩解值在拔节期不追氮和追氮 $150\text{ kg hm}^{-2}$ 处理下无显著差异,但均高于拔节期追氮 $300\text{ kg hm}^{-2}$ 处理。由此可见,适量追氮对糯玉米淀粉糊化特性影响较小,但过量追氮则引起糊化特性的变劣,即峰值黏度和崩解值降低,糊化温度和回复值升高。

### 2.2.2 生长季节对糯玉米籽粒淀粉糊化特性的影响

从图2可见,生长季节对糯玉米淀粉的RVA谱存在显著影响。秋季糯玉米淀粉的RVA谱总体上处于春季RVA谱之上,即秋季糯玉米淀粉具有较高的峰值黏度、谷值黏度、崩解值和终值黏度,以及较低的回复值、峰值时间和糊化温度。

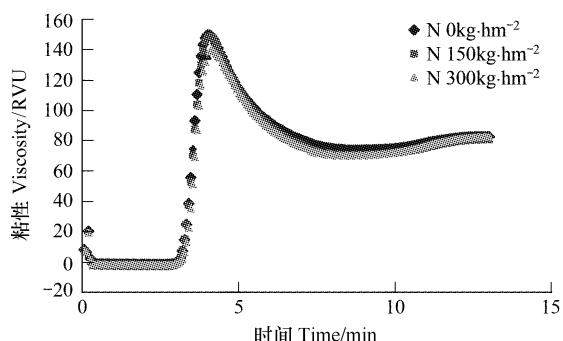


图1 不同拔节期追氮处理下糯玉米淀粉的RVA谱

Fig. 1 RVA profiles of waxy maize starch under different N top-dressing treatment

图中数据为三个品种两个生长季下的均值

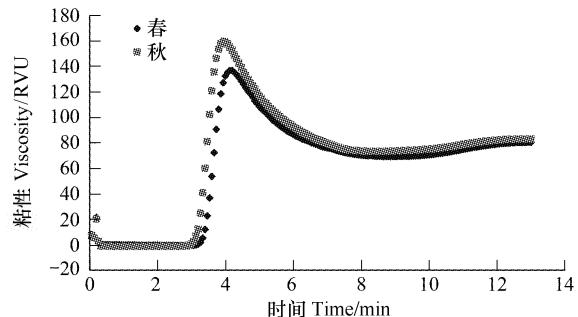


图2 不同生长季节下糯玉米淀粉的RVA谱

Fig. 2 RVA profiles of waxy maize starch under different growth seasons

图中数据为三个品种三个氮处理下的均值

### 2.2.3 基因型对糯玉米籽粒淀粉糊化特性的影响

从图3可知,糯玉米淀粉的糊化特性存在显著的基因型差异。峰值黏度、谷值黏度、崩解值和终值黏度以垦粘1号最高,以苏玉糯1号最低,苏玉糯5号介于两者之间;供试品种的回复值均较低(9.9—11.4 RVU),但仍存在显著的基因型差异,在不同品种中以苏玉糯1号最低,苏玉糯5号最高;峰值时间和糊化温度虽然存在显著差异,但变幅较小,分别为4.0—4.1 min和70.5—71.1 °C。

### 2.3 糯玉米籽粒淀粉糊化特征值之间的相关分析

简单相关分析表明(表2),峰值黏度和谷值黏度、崩解值和终值黏度呈显著或极显著正相关,和峰值时间和糊化温度呈显著或极显著负相关,且崩解值和峰值时间和糊化温度呈显著或极显著负相关,说明具有较高黏度的糯玉米淀粉具有较高的稳定性,且所需的糊化温度较低,达到峰值的时间亦相应较短。糊化温度和峰值时间极显著正相关,说明当糯玉米淀粉所需糊化温度较高时,相应的其达到最高黏度所需的时间亦较长。谷值黏度与崩解值和终值黏度呈显著或极显著正相关,而其它RVA特征值间无显著相关关系。

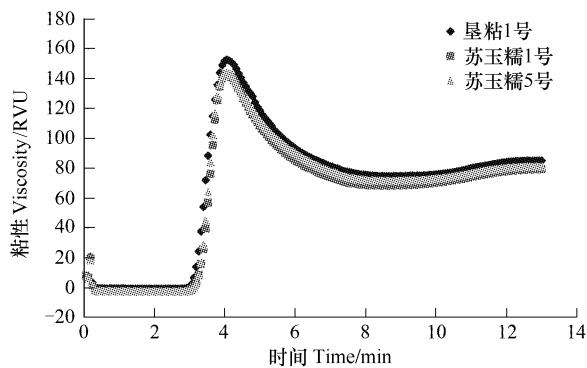


图3 不同糯玉米品种淀粉的 RVA 谱

Fig. 3 RVA profiles of waxy maize starch for different varieties

图中数据为两个氮处理两个生长季下的均值

表2 糯玉米淀粉 RVA 特征值之间的相关系数

Table 2 Correlation coefficients of starch RVA characteristics of waxy maize

RVA 特征值 RVA characteristic	峰值黏度 PV	谷值黏度 TV	崩解值 BD	终值黏度 FV	回复值 SB	峰值时间 PT	糊化温度 Ptemp
峰值黏度 PV	1						
谷值黏度 TV	0.75 **	1					
崩解值 BD	0.96 **	0.54 *	1				
终值黏度 FV	0.57 *	0.82 **	0.38	1			
回复值 SB	-0.38	-0.4	-0.31	0.19	1		
峰值时间 PT	-0.50 *	-0.19	-0.56 *	0.06	0.42	1	
糊化温度 Ptemp	-0.86 **	-0.42	-0.92 **	-0.32	0.21	0.59 **	1

\* 和 \*\* 分别表示相关性达 0.05 和 0.01 显著水平; 参数描述同表 1

### 3 讨论与结论

淀粉的理化特性受到基因型和环境条件的影响,同时受到栽培措施的调控。Panizzo 等<sup>[11]</sup>选用 7 个淀粉性状不同的小麦品种,研究了基因型和环境条件对淀粉特性的影响,结果发现灌浆期间环境条件的作用大于基因型的作用。Haase 等<sup>[12]</sup>研究表明,生长环境对淀粉黏度特性存在显著影响,但肥料处理效应不明显。本研究结果表明,生长环境对 RVA 糊化特性的主要指标峰值黏度、崩解值和糊化温度远高于基因型和拔节期追氮处理,说明选择合适的生长季节是调控糯玉米淀粉糊化特性的关键。在不同作物上的研究<sup>[13-15]</sup>表明,灌浆期温度、日照长度和峰值黏度及崩解值等正相关,而降雨量和这两项指标呈负相关。袁继超等<sup>[16]</sup>研究亦表明,在气候因子中峰值黏度和崩解值与花后 20d 的平均温度、最高温度、最低温度和日照时数正相关,但不同品种的 RVA 谱对温度的敏感性不同。本试验条件下,秋季糯玉米籽粒灌浆结实期的日照长度高于春季,降雨量和平均温度低于春季。由于春季糯玉米灌浆结实期(6 月中—7 月中)处于梅雨季节,高温逼熟以及日照不足,而秋季糯玉米灌浆结实期(9 月上—10 月上)温光水等条件较为适宜,导致秋季糯玉米淀粉的糊化特性总体上较春季为优。由于温光水<sup>[17-19]</sup>等条件等通过改变淀粉的组成、结构来影响淀粉的理化特性,因此,通过精确控制不同因素试验来具体阐明这几项因素对糯玉米淀粉糊化特性的影响及其机理可更好地调控品质。

氮肥是作物生长发育所需的最重要肥料,在水稻上的一些研究<sup>[20-23]</sup>表明,随着施氮量的增加,淀粉的 RVA 谱总体上呈变劣趋势,而在小麦上的研究<sup>[24-27]</sup>则表明,适量施氮量 RVA 谱较为理想,过量施氮或施氮不足均不利于淀粉糊化特性的改良。一些研究同时还发现不同品种对氮肥的响应存在基因型差异<sup>[20,22,25,27]</sup>。本研究结果表明,随着拔节期追氮量的增加,淀粉在追氮  $150 \text{ kg hm}^{-2}$  时和不追氮相比糊化特征值无显著差异,但过量追氮( $300 \text{ kg hm}^{-2}$ )则引起峰值黏度和崩解值的降低,以及回复值和糊化温度的升高,且同一品种

在不同生长季节下或不同品种在相同生长季节下对拔节期追氮量的响应存在差异。因此,在糯玉米优质栽培中,应注重合理施用拔节肥,同时协调不同基因型对氮肥响应的差异,进而进行调优栽培。

RVA 谱各特征指标所表示的定义<sup>[28]</sup>不同,且不同作物由于淀粉组成的不同,其 RVA 糊化特性间的相互关系并不一致,因此 RVA 特征值间的相关分析对淀粉糊化特征指标的改良具有较好的指导意义。普通玉米<sup>[29]</sup>、水稻<sup>[22]</sup>、小麦<sup>[30]</sup>上的研究表明,峰值黏度与谷值黏度、崩解值、终值黏度和回复值显著正相关,而本研究结果表明,糯玉米粉的峰值黏度与崩解值、谷值黏度和终值黏度显著正相关,这和在普通玉米、水稻和小麦上的研究相同,说明当淀粉在加热过程中所能达到的黏度越高,其淀粉颗粒破裂的程度越高,淀粉糊越稳定<sup>[28]</sup>。但回复值和峰值黏度以及崩解值无显著相关性。其原因主要是糯玉米粉中不含直链淀粉这一决定回复值的主要成分<sup>[31]</sup>。糊化温度和峰值时间极显著正相关,说明当糯玉米粉糊化所需温度较高时,其黏度到达峰值所需的时间亦较短,这和在不同作物上的研究结果相似。本研究结果表明,峰值黏度和崩解值与糊化温度及峰值时间呈负相关,这和普通玉米<sup>[29]</sup>上的研究结果相似,而其在小麦上<sup>[30]</sup>表现为显著正相关,在水稻上<sup>[22]</sup>却无显著相关关系的相同结果不同,说明糯玉米淀粉的糊化温度越低、达到峰值黏度的时间越短,其淀粉糊的黏度越好且越稳定。

#### References:

- [1] Morrison I M, Cochrane M P, Cooper A M, Dale M F B, Duffus C M, Ellis R P. Potato starches: variation in composition and properties between three genotypes grown at two different sites and in two different years. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2000, 81(3):319-328.
- [2] Tester R F. Influence of growth conditions on barley starch properties. *International Journal of Biological Macromolecules*, 1997, 21:37-45.
- [3] Ma B L, Dwyer L M, Gregorich E G. Soil nitrogen amendment, effects on seasonal nitrogen mineralization and nitrogen cycling in maize production. *Agronomy Journal*, 1999, 91:1003-1009.
- [4] Randall G W, Vetsch J A, Huffman J R. Corn production on a subsurface-drained mollisol as affected by time of nitrogen application and nitrification inhibitor. *Agronomy Journal*, 2003, 95:1213-1219.
- [5] Xu L, Lu W P, Lu H H, Huang X L, Yin Z T. Nitrogen management on yield formation of corn cultivar Suyu 19. *Journal of Yangzhou University (Agricultural and Life Science Edition)*, 2006, 27(1):58-61.
- [6] Lu Y L, Lu W P, Wang J F, Liu P, Liu X B, Lu D L. The difference of nitrogen uptake and utilization in waxy corn I. The difference genotypes in absorption and utilization of nitrogen. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2006, 12(3):321-326.
- [7] Lu D L, Lu W P, Zhao J R, Wang D C. Effects of basic fertilizer treatments and nitrogen topdressing at jointing stage on starch RVA characteristics of waxy maize. *Acta Agronomica Sinica*, 2008, 34(7):1253-1258.
- [8] Wilkins M R, Wang P, Xu L, Niu Y, Tumbleson M E, Rausch K D. Variability in starch acetylation efficiency from commercial waxy corn hybrids. *Cereal Chemistry*, 2003, 80:68-71.
- [9] Lu F F, Lu W P, Liu P, Shen X P, Wang J F, Liu X B. Heterosis analysis of starch RVA viscosity in waxy corn. *Acta Agronomica Sinica*, 2006, 32(4):503-508.
- [10] Chang Y, Lin J, Lii C. Effect of ethanol concentration on the physicochemical properties of waxy corn starch treated by hydrochloric acid. *Carbohydrate Polymer*, 2004, 57:89-96.
- [11] Panizzo J F, Eagles H A. Cultivars and environmental effects on quality characters in wheat. I. Starch. *Australian Journal of Agricultural Research*, 1998, 49:757-766.
- [12] Haase N U, Plate J. Properties of potato starch in relation to varieties and environmental factors. *Starch-Starke*, 1996, 48(5):167-171.
- [13] Svegmark K, Helmersson K, Nilsson G, Nilsson P O, Andersson R, Svensson E. Comparison of potato amylopectin starches and potato starches-influence of year and variety. *Carbohydrate Polymers*, 2002, 47:331-340.
- [14] Yan J, He Z H. Effects of genotype, environment and G × E interaction on starch quality traits of wheat grown in yellow and huai river valley. *Journal of Triticeae Crops*, 2001, 21(2):14-19.
- [15] Zhang X L, Guo T C, Zhu Y J, Li Z Q, Wang C Y, Ma D Y, Peng Y. Environmental effects of different latitudes on starch paste property of three types of gluten wheat in He'nan Province. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(9):2050-2055.
- [16] Yuan J C, Ding Z Y, Cai G Z, Yang S M, Zhu Q S, Yang J C. The factors influencing RVA profile of rice starch and their changes with altitudes in Panxi region. *Acta Agronomica Sinica*, 2005, 31(12):1611-1619.
- [17] Lu T J, Jane J, Keeling P L, Jane J L. Maize starch fine structures affected by ear developmental temperature. *Carbohydrate Research*, 1996, 282, 157-170.
- [18] Wu W, Cheng W D, Xu J L. Effects of light intensity on grain amylose content and starch RVA profile characteristics of early Indica rice during grain-filling stage. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 2006, 18(3):141-145.
- [19] Singh S, Singh G, Singh P, Narinder S. Effect of water stress at different stages of grain development on the characteristics of starch and protein of different wheat varieties. *Food Chemistry*, 2008, 108, 130-139.

- [20] Wan L J, Huo Z Y, Gong Z K, Zhang H C, Lin Z C, Dai Q G, Xu K. Effect of nitrogen application on main quality and RVA profile characters of hybrid rice. *Acta Agronomica Sinica*, 2006, 32(10): 1491-1497.
- [21] Xu D Y, Jin J, Hu S Y, Gao Y, Yang J C, Zhu Q S. Effects of N, P, K fertilizer management on grain amylose content and RVA profile parameters in rice. *Acta Agronomica Sinica*, 2005, 31(7):921-925.
- [22] Ye Q B, Zhang H C, Li H, Huo Z Y, Wei H Y, Xia K, Dai Q G, Xu K. Effects of amount of nitrogen applied and planting density on RVA profiles characteristic of japonica rice. *Acta Agronomica Sinica*, 2005, 31(1):124-130.
- [23] Liu Y Y, Zhang H C, Dai Q G, Huo Z Y, Xu K. Effects of nitrogen application on RVA profile characters under different soil fertility levels. *Chinese Journal of Rice Science*, 2006, 20(5):529-534.
- [24] Li Q, Hou L B, Han W. Effects of nitrogen rates on grain yield and quality of wheat in different soil fertility. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2004, 10(6): 561-567.
- [25] Wang Y F, Yu Z W, Li S X, Yu S L. Activity of enzymes related to starch synthesis and their effect during the filling of winter wheat. *Acta Agronomica Sinica*, 2003, 29(1):75-81.
- [26] Dai S, Li H S, Liu A F, Song J M, Liu J J, Zhao Z D. Effect of nitrogen and potassium fertilizers on the starch physiochemical properties of Jinan 17. *Journal of Triticeae Crops*, 2006, 26(4):107-110.
- [27] Feng W, Li X, Guo T C, Zhu Y J, Wang C Y. Effects of strategy of irrigation and nitrogen on paste properties of starch of two spike-type wheat cultivars. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2005, 19(5):186-190.
- [28] Nelles E M, Dewar J, Bason M L, Taylor J R N. Maize starch biphasic pasting curves. *Journal of Cereal Science*, 2000, 31: 287-294.
- [29] Ning T Y, Li Z J, Jiao L Y, Zhao C, Shen J X, Zhang G H, Wang H. Effects on paste properties and starch contents of different maturity maize cultivars relay-planting. *Acta Agronomica Sinica*, 2005, 31(1):77-82.
- [30] Yan J, Zhang Y, He Z H. Investigation on paste property of Chinese wheat. *Scientia Agricultura Sinica*, 2001, 34(1):1-4.
- [31] Singh N, Sandhu K S, Kaur M. Physicochemical properties including granular morphology, amylose content, swelling and solubility, thermal and pasting properties of starches from normal, waxy, high amylose and sugary corn. *Progress in Food Biopolymer Research*, 2005, 1:43-54.

#### 参考文献:

- [ 5 ] 薛林,陆卫平,陆虎华,黄晓兰,印志同. 氮肥运筹对玉米苏玉 19 产量形成的作用. 扬州大学学报(农业与生命科学版)2006, 27(1): 58-61.
- [ 6 ] 卢艳丽,陆卫平,王继丰,刘萍,刘小兵,陆大雷,苏辉. 不同基因型糯玉米氮素吸收利用效率的研究. I. 氮素吸收利用的基因型差异. 植物营养与肥料学报,2006, 12(3): 321-326.
- [ 7 ] 陆大雷,陆卫平,赵久然,王德成. 基肥配比和拔节期追氮对糯玉米淀粉糊化特性的影响. 作物学报, 2008, 34(7): 1253-1258.
- [ 9 ] 陆芳芳,陆卫平,刘萍,沈新平,王继丰,刘小兵. 糯玉米淀粉 RVA 黏度的杂种优势分析. 作物学报, 2006, 32(4):503-508.
- [14] 阎俊,何中虎. 基因型、环境及其互作对黄淮麦区小麦淀粉品质性状的影响. 麦类作物学报, 2001, 21(2): 14-19
- [15] 张学林,郭天财,朱云集,李志强,王晨阳,马冬云,彭羽. 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. 生态学报, 2004, 24(9):2050-2055
- [16] 袁继超,丁志勇,蔡光泽,杨世民,朱庆森,杨建昌. 攀西地区稻米淀粉 RVA 谱的影响因子及其垂直变化特点. 作物学报, 2005, 31(12): 1611-1619.
- [18] 吴伟,程旺大,徐建良. 灌浆成熟期光照强度对早籼稻直链淀粉含量及淀粉 RVA 谱特性的影响. 浙江农业学报, 2006, 18(3):141-145.
- [20] 万靓军,霍中洋,龚振恺,张洪程,林忠成,戴其根,许轲. 氮肥运筹对杂交稻主要品质性状及淀粉 RVA 谱特征的影响. 作物学报, 2006, 32(10): 1491-1497.
- [21] 徐大勇,金军,胡曙鳌,高云,杨建昌,朱庆森. 氮磷钾肥运筹对稻米直链淀粉含量和淀粉黏滞谱特征参数的影响. 作物学报, 2005, 31(7):921-925.
- [22] 叶全宝,张洪程,李华,霍中洋,魏海燕,夏科,戴其根,许轲. 施氮水平和栽插密度对粳稻淀粉 RVA 谱特性的影响. 作物学报, 2005, 31(1):124-130.
- [23] 刘艳阳,张洪程,戴其根,霍中洋,许轲. 不同地力水平下施氮量对水稻淀粉 RVA 谱特征的影响. 中国水稻科学, 2006, 20(5):529-534.
- [24] 林琪,侯立白,韩伟. 不同肥力土壤下施氮量对小麦子粒产量和品质的影响. 植物营养与肥料学报 2004,10(6): 561-567.
- [25] 王月福,于振文,李尚霞,余松烈. 小麦籽粒灌浆过程中有关淀粉合成酶的活性及其效应. 作物学报, 2003, 29(1):75-81.
- [26] 戴双,李豪圣,刘爱峰,宋健民,刘建军,赵振东. 氮钾配施对济南 17 淀粉理化特性的影响. 麦类作物学报 2006,26(4):107-110.
- [27] 冯伟,李晓,郭天财,朱云集,王晨阳. 水氮运筹对两种穗型冬小麦品种淀粉糊化特性的影响. 水土保持学报, 2005, 19(5):186-190.
- [29] 宁堂原,李增嘉,焦念元,赵春,申加祥,张光辉,王浩. 不同熟期玉米品种春、夏套作对籽粒淀粉含量及糊化特性的影响. 作物学报, 2005, 31(1):77-82.
- [30] 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):1-4.