

水、氮磷肥及其互作对小麦淀粉糊化特性的影响*

郑志松^{1,2} 王晨阳³ 张美微³ 张 洁⁴ 姚宇卿⁴ 牛俊义^{1**}

(1. 甘肃农业大学农学院 兰州 730070; 2. 河南省农业广播电视学校 郑州 450008;

3. 河南农业大学 郑州 450002; 4. 洛阳农林科学院 洛阳 471022)

摘 要 为了解豫西半干旱区不同水、肥条件对小麦淀粉品质的调控效应,于 2009—2010 年度和 2010—2011 年度在河南省洛阳市农业科学研究所以“洛旱 2 号”小麦为材料,采用防雨棚池栽培方式,研究了不同灌水量、施氮量和施磷量及其互作对小麦淀粉糊化特性的影响。结果表明:施氮量和施磷量对小麦淀粉糊化特性均有显著影响($P=0.05$ 或 $P=0.01$);随施氮量的增加,淀粉各黏度参数呈增大趋势,施氮量为 $105\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 时达最大值,之后增加施氮量各黏度参数又有所下降;黏度参数在施磷量为 $168\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 时达最大值。在豫西半干旱生态条件下,灌水量对淀粉黏度参数影响不显著,但存在灌水量 \times 施氮量的显著互作效应($P=0.05$ 或 $P=0.01$)。从不同水肥处理组合看,淀粉糊化特性以处理组合 $N_{105}P_{168}W_{217.5}$ [施氮量 $105\text{ kg(N)}\cdot\text{hm}^{-2}$ 、施磷量 $168\text{ kg(P}_2\text{O}_5)\cdot\text{hm}^{-2}$ 和全生育期灌水量 217.5 mm] 最优。相关分析表明,淀粉黏度参数与籽粒产量在 2009—2010 年度呈显著正相关,而在 2010—2011 年度相关不显著,说明产量与淀粉品质间存在着协同提高的可能性。

关键词 小麦籽粒 灌水 氮肥 磷肥 水肥互作 淀粉糊化特性 豫西半干旱区

中图分类号: S365; S512 文献标识码: A 文章编号: 1671-3990(2012)03-0310-05

Effects of water, nitrogen and phosphorus coupling on starch paste properties of winter wheat

ZHENG Zhi-Song^{1,2}, WANG Chen-Yang³, ZHANG Mei-Wei³, ZHANG Jie⁴, YAO Yu-Qing⁴, NIU Jun-Yi¹

(1. College of Agronomy, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China; 2. Henan Agricultural Broadcasting and Television College, Zhengzhou 450008, China; 3. Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China; 4. Luoyang Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Luoyang 471022, China)

Abstract A field experiment was conducted under rain-shelter conditions in Luoyang (Henan Province) during the 2009—2010 and 2010—2011 cropping seasons by using “Luohan 2” winter wheat cultivar. The objective of the experiment was to evaluate the effects of irrigation and nitrogen/phosphorus fertilization on grain quality of winter wheat in the semiarid region of West Henan Province. The experiment was a factorial combination of 5 irrigation, nitrogen and phosphorus application rates, each in 3 replicates. The effects of water, nitrogen and phosphorus application rates and interactions on starch paste parameters of winter wheat were determined. The results showed that the application of nitrogen and phosphorus fertilizers had significant effects on starch paste properties of winter wheat ($P=0.05$ or $P=0.01$). Main starch viscosity parameters (peak viscosity, initial viscosity and final viscosity) increased significantly as nitrogen application increased from $0\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ to $105\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, and after peaking at $105\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ decreased with nitrogen application rate. Starch viscosity parameters reached the highest values at phosphorus application rate of $168\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$. Irrigation had no significant effect on starch paste properties. However, irrigation and nitrogen interactions significantly influenced some starch paste properties. Overall, combined treatments of nitrogen, phosphorus and water at $N_{105}P_{168}W_{217.5}$ — i.e., $105\text{ kg(N)}\cdot\text{hm}^{-2}$, $168\text{ kg(P}_2\text{O}_5)\cdot\text{hm}^{-2}$ and 217.5 mm irrigation — produced the best starch quality. Statistical analysis indicated a significant positive correlation between starch paste properties and grain yield in the 2009—2010 cropping season and not in the 2010—2011 crop season. This suggested that there existed the possibility for improvement of both grain yield and starch paste quality in the region.

* 甘肃省科技支撑计划项目(090NKCA057)和甘肃省研究生导师项目基金资助

** 通讯作者: 牛俊义(1957—), 男, 博士生导师, 教授, 主要研究方向为作物栽培与生态、生理。E-mail: niujy@gsau.edu.cn
郑志松(1963—), 男, 在读博士, 高级农艺师, 主要研究方向为作物栽培与生态、生理。E-mail: hnzs666@163.com

收稿日期: 2011-10-17 接受日期: 2011-12-05

Key words Wheat grain, Irrigation, Nitrogen fertilizer, Phosphorus fertilizer, Irrigation and fertilization interaction, Starch paste property, West Henan Semi-arid region

(Received Oct. 17, 2011; accepted Dec. 5, 2011)

小麦籽粒品质受基因遗传和环境条件的相互影响^[1-5]。在调节小麦籽粒品质的诸多栽培措施中,水、肥是关键因素,两者合理运筹对籽粒品质具有显著的调节作用。淀粉是小麦籽粒的主要组成部分,约占小麦籽粒胚乳的70%以上,对小麦产量和加工品质有重要影响^[6]。淀粉糊化特性是反映面粉品质的重要指标,直接决定面条、馒头等传统东方食品的加工品质^[7]。有研究表明,面粉峰值黏度与面条的弹性、韧性和食用品质呈极显著正相关,而稀懈值则与面条的滑爽性呈极显著正相关,与面条的弹性、韧性呈显著负相关^[8-9]。近年来,关于水、肥对小麦淀粉糊化特性影响的研究已有很多报道。方保停等^[10]对强筋品种“豫麦34”和弱筋品种“豫麦50”进行了研究,认为水分调控对两种筋力型品种淀粉糊化特性有显著影响。适当增加氮肥施用量可改善籽粒淀粉糊化特性^[11],且淀粉黏度参数随着施氮量增加呈增加趋势^[12]。前人研究多围绕淀粉糊化特性与面食品质的关系以及单一因素对淀粉糊化特性的影响展开,而多因素互作对其影响的研究较少。因此,本试验针对河南省西部旱地(豫西旱地)的气候特点,利用遮雨棚模拟的方式,研究了不同水、氮肥、磷肥及其互作对小麦籽粒淀粉糊化特性的影响,旨在为该区小麦水肥管理与品质调优提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于2009—2010年度和2010—2011年度在河南省洛阳市农业科学研究院自动干旱棚内进行。小区为1 m×2 m的无底型水泥池,池四周覆有防止水分侧渗的防水膜,遇雨盖棚,全年防雨水进入。土

壤为褐土,耕层容重1.53 g·cm⁻³,田间持水量23.48%,饱和含水量33.36%,土壤耕层有机质15.8 g·kg⁻¹,碱解氮(N)62.7 mg·kg⁻¹,速效磷(P₂O₅)10.39 mg·kg⁻¹,速效钾(K₂O)166.0 mg·kg⁻¹。

小麦分别于2009年10月6日和2010年10月8日播种,播种后遇雨关闭干旱棚,出苗后及时查苗补缺,除处理因子外,其他田间管理措施同一般高产田。成熟后于2010年6月2日和2011年5月31日收获全小区计产,并晒干籽粒供分析用。

试验采用3因素(施氮量、施磷量和灌水量)裂区设计,供试小麦品种为“洛旱2号”。肥料作基肥一次性施入。氮肥为硫酸铵(含N 210 g·kg⁻¹),施氮量设置5个水平:0 kg(N)·hm⁻²、31 kg(N)·hm⁻²、105 kg(N)·hm⁻²、179 kg(N)·hm⁻²、210 kg(N)·hm⁻²;磷肥为重过磷酸钙(含P₂O₅ 430 g·kg⁻¹),施磷量设置5个水平:0 kg(P₂O₅)·hm⁻²、42 kg(P₂O₅)·hm⁻²、84 kg(P₂O₅)·hm⁻²、126 kg(P₂O₅)·hm⁻²、168 kg(P₂O₅)·hm⁻²;灌水量以洛阳1971—1999年20年的平均降水量为依据(表1),以每月占年平均降水量的加权值分配,每月均有灌水,生育期灌水设置5个水平:127 mm、153.5 mm、217.5 mm、282 mm和308.5 mm。试验处理见表2,各处理组合重复3次。

1.2 测定项目和方法

各小区单收1个2 m²样方,测定产量。收获后样品送至国家小麦工程技术研究中心,存放1个月,每个小区取100 g籽粒使用FOSS Cyclotec 1093样品研磨仪进行磨粉。用Brabender微型糊化黏度仪(Micro Visco-Amylo-Graph, MVAG, 德国)测定糊化参数。直链淀粉和支链淀粉含量的测定采用的双波

表1 1971—1999年洛阳市多年月平均降雨量
Table 1 Monthly average rainfall in Luoyang City from 1971 to 1999

	月份 Month												年平均 Annual average
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
降雨量 Rainfall (mm)	6.2	10.4	27.8	39.2	50.1	60.3	131.1	96.6	76.3	42.6	23.5	6.9	571.5
月降雨量占年降水量的比例 Monthly rainfall proportion in annual rainfall (%)	1.08	1.82	4.86	6.86	8.77	10.55	22.94	16.90	13.35	7.45	4.11	1.21	—

表2 试验各处理的设计
Table 2 Design of experimental treatments

因素 Factor	处理 Treatment											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
灌水量 Irrigation quantity (mm)	217.5	217.5	153.5	282	153.5	282	308.5	127	217.5	217.5	217.5	217.5
施氮量 N application rate (kg·hm ⁻²)	105	105	31	31	179	179	105	105	210	0	105	105
施磷量 P application rate (kg·hm ⁻²)	168	0	126	126	126	126	42	42	42	42	84	42

长比色法。直链淀粉测定波长为 630 nm, 参比波长为 486 nm; 支链淀粉测定波长为 550 nm, 参比波长为 743 nm; 总淀粉含量由直链淀粉含量加上支链淀粉含量而得。

1.3 统计方法

使用 SPSS 15.0 和 Excel 软件对试验数据进行分析。

2 结果与分析

2.1 不同水肥条件下小麦籽粒淀粉糊化特性的差异分析

对两年试验数据进行方差分析(表 3)可知, 淀粉糊化时间、糊化温度、峰值黏度、低谷黏度和稀懈值在年度间达 5%显著或 1%极显著差异水平, 因此分别对两年试验数据进行分析。2010 年, 施氮量对 3 个黏度参数的影响达 1%极显著水平, 施磷量仅对

峰值黏度和低谷黏度的影响达 5%显著和 1%极显著水平; 2011 年, 施氮量对峰值黏度、低谷黏度和稀懈值的影响达 1%极显著或 5%显著水平, 施磷量仅对稀懈值的影响达 1%极显著水平, 灌水量×施氮量互作对稀懈值和反弹值的影响分别达 1%极显著和 5%显著水平。

2.2 施氮量和施磷量对淀粉糊化参数的影响

图 1 表明, 2 个试验年度小麦淀粉各糊化参数均随施氮量的增加呈先增后降趋势。2010 年各参数在施氮量 105 kg·hm⁻²达最大值; 2011 年, 峰值黏度和低谷黏度在施氮量 105 kg·hm⁻²达最大值, 而最终黏度在施氮量 179 kg·hm⁻²达最大值(图 1a)。施磷量对各糊化参数的影响在 2 个年度间变化不同, 但 2010 年各黏度参数和 2011 年峰值黏度、低谷黏度和稀懈值均在施磷量 168 kg·hm⁻²达最大值(图 1b)。

表 3 两个试验年度不同水肥处理对淀粉糊化参数影响的方差分析(*F* 值)

Table 3 Variance analysis of effects of different irrigation and fertilization treatments on starch pasting parameters (*F* value)

年份 Year	来源 Source	糊化时间 Pasting time	糊化温度 Pasting temperature	峰值黏度 Peak viscosity	低谷黏度 Trough viscosity	最终黏度 Final viscosity	稀懈值 Break down	反弹值 Setback
	年份 Year	22.36**	26.14**	10.21**	17.15**	5.10*	4.37*	3.85
2010	灌水量 Irrigation quantity	0.71	0.49	0.40	0.36	0.96	2.19	1.84
	施氮量 N application rate	2.09	2.16	4.38**	6.47**	4.34**	0.48	1.77
	施磷量 P application rate	0.44	1.34	2.93*	4.55**	2.54	0.54	0.33
	灌水量×施氮量 Irrigation quantity×N application rate	0.46	0.25	0.94	1.02	0.70	0.31	0.14
	灌水量 Irrigation quantity	0.99	1.49	1.17	1.72	0.24	2.52	2.10
2011	施氮量 N application	0.75	2.40	5.30**	6.96**	2.38	3.12*	0.67
	施磷量 P application	0.58	0.96	0.97	0.60	0.74	8.57**	1.90
	灌水量×施氮量 Irrigation quantity×N application rate	2.58	1.38	2.28	0.22	2.57	15.16**	5.69*

*和**分别表示差异达 5%和 1%显著水平 * and ** indicate significant difference at 5% and 1% levels, respectively.

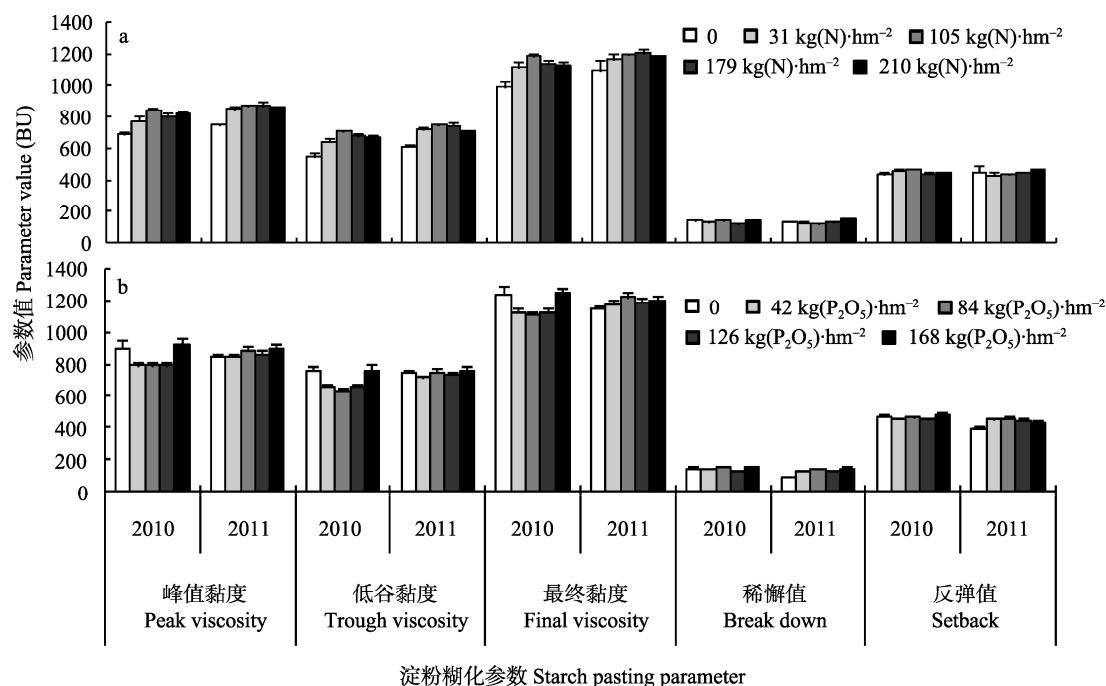


图 1 不同施氮量(a)和施磷量(b)下小麦淀粉糊化各参数值的变化

Fig. 1 Effect of N application (a) and P application (b) on starch pasting parameters of wheat

2.3 水肥耦合对淀粉糊化特性的影响

由不同水肥耦合对淀粉糊化特性的影响(表 4)可以看出, 2010 年水肥处理组合 $N_{105}P_{168}W_{217.5}$ [施氮量为 $105 \text{ kg(N)}\cdot\text{hm}^{-2}$, 施磷量为 $168 \text{ kg(P}_2\text{O}_5)\cdot\text{hm}^{-2}$, 灌水量为 217.5 mm 。下同]的糊化温度最低、黏度参数和稀懈值最高, 且与其他处理组合间差异显著。2011 年处理组合 $N_{105}P_{42}W_{217.5}$ 黏度参数和处理组合 $N_{210}P_{42}W_{217.5}$ 的稀懈值最高, 但各糊化参数在处理组合 $N_{105}P_{168}W_{217.5}$ 的表现与最大值间无显著差异。综合 2 年分析结果可得, 处理组合 $N_{105}P_{168}W_{217.5}$ 的各糊化

参数表现较好。

2.4 淀粉糊化参数与籽粒产量和淀粉含量的相关性分析

淀粉各糊化参数和籽粒产量及面粉中淀粉含量的相关性分析结果表明(表 5), 2010 年淀粉低谷黏度、最终黏度和反弹值均与籽粒产量达 1%极显著或 5%显著正相关水平。2011 年峰值黏度与总淀粉含量达 5%显著负相关水平; 稀懈值与支链淀粉和总淀粉含量分别达 1%极显著和 5%显著负相关水平; 反弹值与直链淀粉含量达 1%极显著正相关水平。

表 4 水、氮肥和磷肥互作对小麦淀粉糊化特性的影响

Table 4 Effects of interaction of water and fertilizer on starch pasting parameters of wheat

年份 Year	处理 Treatment	糊化时间 Pasting time (min)	糊化温度 Pasting temperature ($^{\circ}\text{C}$)	峰值黏度 Peak viscosity (BU)	低谷黏度 Trough viscosity (BU)	最终黏度 Final viscosity (BU)	稀懈值 Break down (BU)	反弹值 Setback (BU)
2010	$N_{105}P_{168}W_{217.5}$	1.68±0.03b	61.62±0.22c	919.50±39.45a	761.83±34.93a	1 251.67±23a	155.83±5.20a	474.50±21.03a
	$N_{105}P_0W_{217.5}$	1.70±0.03ab	61.75±0.31abc	900.50±45.36ab	757.17±31.53ab	1 239.00±42.40ab	141.16±14.98abcd	468.50±21.10a
	$N_{31}P_{126}W_{153.5}$	1.75±0.02a	62.41±0.22a	796.33±47.17bc	656.83±39.14c	1 125.17±60.35abc	137.33±8.64abcd	455.83±20.94a
	$N_{31}P_{126}W_{282}$	1.71±0.02ab	62.05±0.22abc	753.83±41.14cd	627.33±33.98c	1 099.83±52.91cd	124.17±10.63bcd	459.67±19.04a
	$N_{179}P_{126}W_{153.5}$	1.75±0.02a	62.38±0.27ab	792.33±31.79bc	667.67±25.77bc	1 111.83±46.25bcd	122.50±8.95bcd	431.50±21.52a
	$N_{179}P_{126}W_{282}$	1.74±0.01ab	62.23±0.14abc	814.50±34.95abc	693.33±32.90abc	1 153.67±49.14abc	119.17±5.95cd	448.33±16.28a
	$N_{105}P_{42}W_{308.5}$	1.70±0.02ab	61.98±0.19abc	819.17±37.74abc	705.67±26.15abc	1 209.50±42.57abc	111.83±12.62d	490.17±16.37a
	$N_{105}P_{42}W_{127}$	1.71±0.02ab	62.02±0.21abc	798.33±17.68bc	670.17±13.96bc	1 122.67±24.01abc	125.50±4.65bcd	439.50±11.97a
	$N_{210}P_{42}W_{217.5}$	1.68±0.01ab	61.65±0.21bc	819.00±20.10abc	673.17±15.97abc	1 128.50±24.95abc	144.17±5.44abc	442.33±11.96a
	$N_0P_{42}W_{217.5}$	1.75±0.02a	62.42±0.21a	686.83±24.41d	544.83±25.72d	989.33±41.80d	139.83±10.10abcd	433.00±17.53a
	$N_{105}P_{84}W_{217.5}$	1.71±0.02ab	62.20±0.19abc	791.00±15.02bc	636.33±12.47c	1 110.33±17.83bcd	152.50±3.82ab	460.67±8.76a
	$N_{105}P_{42}W_{217.5}$	1.71±0.01ab	61.93±0.13abc	853.75±21.66abc	706.75±12.53abc	1 206.25±25.26abc	145.50±9.60abc	486.75±13.34a
	$N_{105}P_{168}W_{217.5}$	1.76±0.01ab	62.45±0.15abc	900.83±26.61a	755.00±32.22ab	1 202.50±24.89ab	143.00±8.87abc	434.00±14.33abc
	$N_{105}P_0W_{217.5}$	1.76±0.01ab	62.63±0.19ab	844.17±14.14a	746.67±9.19ab	1 152.67±8.99ab	90.83±5.11f	390.33±15.56bc
	$N_{31}P_{126}W_{153.5}$	1.76±0.02ab	62.58±0.20abc	845.17±9.93a	738.00±5.73ab	1 134.00±30.43ab	103.00±10.52ef	381.33±33.57c
	$N_{31}P_{126}W_{282}$	1.71±0.02b	62.12±0.13c	856.50±47.46a	704.33±39.66b	1 198.50±67.72ab	149.50±10.52ab	479.00±28.71a
2011	$N_{179}P_{126}W_{153.5}$	1.75±0.02ab	62.43±0.20abc	911.67±54.57a	773.67±49.90ab	1 238.00±53.27a	136.00±8.58abcd	451.33±10.21ab
	$N_{179}P_{126}W_{282}$	1.75±0ab	62.3±0.07bc	836.33±25.16a	715.50±18.85ab	1 177.33±26.17ab	118.67±7.86cde	450.00±8.00abc
	$N_{105}P_{42}W_{308.5}$	1.75±0ab	62.55±0.03abc	843.67±13.66a	739.67±12.41ab	1 184.00±15.19ab	100.67±8.47ef	430.67±13.98abc
	$N_{105}P_{42}W_{127}$	1.76±0.01ab	62.55±0.11abc	870.33±23.95a	742.50±27.33ab	1 207.67±34.18ab	125.00±8.49bcde	457.16±15.14ab
	$N_{210}P_{42}W_{217.5}$	1.75±0ab	62.33±0.06bc	862.33±11.11a	707.83±5.00ab	1 188.50±5.17ab	152.67±7.37a	467.33±3.62a
	$N_0P_{42}W_{217.5}$	1.78±0.03a	62.87±0.20a	746.00±15.89b	611.00±12.67c	1 092.33±68.17b	132.33±4.54abcd	448.33±43.58abc
	$N_{105}P_{84}W_{217.5}$	1.74±0.01ab	62.30±0.14bc	884.33±30.09a	743.83±22.90ab	1 217.17±31.83ab	138.33±9.26abcd	459.17±9.28ab
	$N_{105}P_{42}W_{217.5}$	1.75±0ab	62.53±0.03abc	912.00±40.42a	795.00±45.64a	1 235.75±46.72a	113.50±5.85def	435.00±4.53abc

各处理代码中 N 为施氮量($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$), P 为施磷量($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$), W 为生育期灌水量(mm), 其下角标数字为具体量值; 表中数值为平均值±标准差; 同列不同小写字母表示差异达到 5%显著水平。N, P in treatments' codes mean N, P fertilization, their subscripts are the rates, and the unit is $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$; W means irrigation during growth season, the subscript is irrigation amount, and the unit is mm. Data in the table are means ± standard error. Different small letters in the same column mean significant difference at 5% level.

表 5 小麦淀粉糊化参数和籽粒产量及面粉淀粉含量的相关性分析

Table 5 Correlation analysis between wheat pasting properties and grain yield, starch content

年 Year	项目 Item	糊化时间 Pasting time	糊化温度 Pasting temperature	峰值黏度 Peak viscosity	低谷黏度 Trough viscosity	最终黏度 Final viscosity	稀懈值 Break down	反弹值 Setback
2010	产量 Yield	-0.23	-0.21	0.21	0.25*	0.32**	-0.05	0.35**
	直链淀粉含量 Amylose content	0.06	0.07	-0.14	-0.11	-0.02	-0.18	0.16
	支链淀粉含量 Amylopectin content	-0.11	-0.07	0.03	0.02	-0.01	0.02	-0.08
	总淀粉含量 Total starch content	-0.07	-0.02	-0.11	-0.08	-0.03	-0.16	0.06
2011	产量 Yield	-0.18	-0.11	-0.14	-0.10	-0.04	-0.13	0.07
	直链淀粉含量 Amylose content	-0.13	-0.07	-0.12	-0.20	0.10	0.20	0.38**
	支链淀粉含量 Amylopectin content	0.21	0.14	-0.17	-0.07	-0.19	-0.31**	-0.23
	总淀粉含量 Total starch content	0.20	0.13	-0.26*	-0.17	-0.18	-0.28*	-0.10

*和**分别表示 5%和 1%相关显著性 * and ** show significant correlation at 5% and 1% levels, respectively.

3 讨论

淀粉是小麦胚乳的重要组成成分,其糊化特性与我国传统面食产品有紧密联系。淀粉糊化参数与面条外观、质地和口感均有显著相关性^[7-9,13-14]。淀粉糊化特性受基因型、环境及其互作的影响^[14-15],且水氮措施对小麦淀粉糊化特性具有重要影响^[16],而磷肥对其影响较小^[17]。本研究中水、氮肥、磷肥交互试验结果表明,施氮量对小麦各黏度参数和稀懈值的影响达 1%极显著水平,施磷量对峰值黏度、低谷黏度和稀懈值的影响达 5%显著或 1%极显著水平,灌水量对淀粉糊化特性的影响不显著,但灌水量×施氮量互作对稀懈值和反弹值的影响达 5%显著或 1%极显著水平。灌水量对淀粉糊化特性的影响不显著可能是由于本试验采用的小麦品种“洛旱 2 号”耐旱性较强的原因^[18]。

增施氮肥有利于改善小麦淀粉糊化特性^[19],而施磷仅利于提高强筋小麦淀粉的稀懈值^[20]。本试验结果表明,2 年度小麦各黏度参数均随施氮量增加呈先增后降趋势,且 2010 年各黏度参数和反弹值及 2011 年峰值黏度和低谷黏度均以施氮量 105 kg·hm⁻² 最大。2010 年各黏度参数及 2011 年峰值黏度、低谷黏度和稀懈值均在施磷量 168 kg·hm⁻² 时达最大值。综合 2 年水肥耦合效应,施氮量 105 kg·hm⁻²、施磷量 168 kg·hm⁻² 的小麦糊化参数值较高;而水肥处理组合 N₁₀₅P₁₆₈W_{217.5} 是淀粉糊化参数达到最优的水氮磷处理组合。

淀粉由直链淀粉和支链淀粉组成,直链淀粉含量不同的小麦品种其淀粉化学特性也存在显著差异^[21]。直链淀粉和支链淀粉含量与小麦淀粉糊化特性有显著相关性。宋健民等^[6]测定 11 个省市小麦品种和高代品种的 294 份面粉样品和 29 份引进品种面粉的淀粉理化特性,发现面粉直链淀粉含量与各糊化参数呈极显著负相关,但相关系数差异很大;而支链淀粉含量与各黏度参数的相关性也基本达显著和极显著水平;同时总淀粉含量与稀懈值和糊化温度的相关性也达极显著水平。本试验结果表明,籽粒产量和淀粉含量与淀粉糊化特性的相关性在两年度间表现不稳定:2009—2010 年度低谷黏度、最终黏度和反弹值与籽粒产量呈显著正相关,而 2010—2011 年度籽粒产量与淀粉特性的相关性不显著,说明在半干旱地区存在产量和淀粉品质同步提高的可能性。2010—2011 年度峰值黏度与总淀粉含量呈显著负相关,稀懈值与支链淀粉和总淀粉含量呈显著负相关,反弹值与直链淀粉含量呈显著正相关,而 2009—2010 年度淀粉含量与糊化参数间相关性不显著;这

些差异可能是两年间气候条件的不同所造成的。

参考文献

- [1] 姚大年,李保云,梁荣奇,等. 基因型和环境对小麦品种淀粉性状的及面条品质的影响[J]. 中国农业大学学报, 2000, 5(1): 63-68
- [2] 马冬云,朱云集,郭天财,等. 基因型和环境及其互作对河南省小麦品质的影响及品质稳定性分析[J]. 麦类作物学报, 2002, 22(4): 13-18
- [3] 安成立,张改生,高翔,等. 不同生态环境对强筋小麦品质的影响[J]. 中国生态农业学报, 2006, 14(1): 34-36
- [4] 王晨阳,郭天财,马冬云,等. 环境、基因型及其互作对小麦主要品质性状的影响[J]. 植物生态学报, 2008, 32(6): 1397-1406
- [5] 崔欢虎,靖华,王裕智,等. 茬口和施氮水平对小麦品质性状及其变异系数的影响[J]. 中国生态农业学报, 2008, 16(5): 1090-1094
- [6] 宋健民,刘爱峰,李豪圣,等. 小麦籽粒淀粉理化特性与面条品质关系研究[J]. 中国农业科学, 2008, 41(4): 272-279
- [7] 刘建军,赵振东,徐亚洲,等. 淀粉质量与面条煮面品质的关系[J]. 山东农业科学, 1999(6): 48-51
- [8] Toyokawa H, Rubenthaler G L, Powers J R, et al. Japanese noodle qualities. . Starch components[J]. Cereal Chemistry, 1989, 66(4): 387-391
- [9] Crosbie G B, Miskelly D M, Dewan T. Wheat quality for Japanese flour milling and noodle industries[J]. W A Journal of Agriculture, 1990, 31: 83-94
- [10] 方保停,何盛莲,郭天财,等. 水分调控对两种筋力型小麦品种籽粒淀粉糊化特性的影响[J]. 水土保持学报, 2005, 19(6): 162-165
- [11] 蔡瑞国,尹燕桦,张敏,等. 氮素水平对冀城 8901 和山农 1391 籽粒品质的调控效应[J]. 作物学报, 2007, 33(2): 304-310
- [12] 王晨阳,马冬云,郭天财,等. 不同水、氮处理对小麦淀粉组成及特性的影响[J]. 作物学报, 2004, 30(8): 739-744
- [13] 王晨阳,何英,方保停,等. 小麦籽粒淀粉合成、淀粉特性及其调控研究进展[J]. 麦类作物学报, 2005, 25(1): 109-114
- [14] 阎俊,张勇,何中虎. 小麦品种糊化特性研究[J]. 中国农业科学, 2001, 34(1): 9-13
- [15] 张学林,郭天财,朱云集,等. 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[J]. 生态学报, 2004, 24(9): 2050-2055
- [16] 冯伟,李晓,郭天财,等. 水氮运筹对两种穗型冬小麦品种淀粉糊化特性的影响[J]. 水土保持学报, 2005, 19(5): 186-190
- [17] 张美微,王晨阳,贺德先,等. 环境和氮磷肥对强筋小麦品种郑麦 9023 淀粉糊化特性的影响[J]. 麦类作物学报, 2010, 30(5): 905-909
- [18] 王晨阳,冀天会,郭天财,等. 干旱胁迫对春小麦淀粉糊化特性的影响[J]. 河南农业科学, 2008(8): 32-37
- [19] 马冬云,郭天财,王晨阳,等. 施氮水平对小麦籽粒淀粉粒度分布及淀粉粒糊化特性的影响[J]. 西北农业学报, 2010, 19(11): 43-47
- [20] 熊瑛,李友军. 氮、磷、钾对不同筋型小麦产量和品质的影响[J]. 河南科技大学学报: 自然科学版, 2005, 26(3): 58-61
- [21] Reddy I, Seib P A. Paste properties of modified starches from partial waxy wheats[J]. Cereal Chemistry, 1999, 76(3): 341-349