

研究
简报

不同水、氮处理对小麦淀粉组成及特性的影响

王晨阳^{1,2} 马冬云^{1,2} 郭天财^{1,2,*} 朱云集^{1,2} 王化岑^{1,2} 冯伟^{1*}

(¹河南农业大学; ²国家小麦工程技术研究中心,河南郑州 450002)

Effects of Different Irrigation and Nitrogen Application Regimes on Starch Components and Paste Properties of Winter Wheat (*Triticum aestivum* L.)

WANG Chen Yang^{1,2}, MA Dong Yun^{1,2}, GUO Tian Cai^{1,2,*}, ZHU Yun Ji^{1,2}, WANG Hua Cen^{1,2}, FENG Wei¹

(¹Henan Agricultural University; ²National Engineering Research Center for Wheat, Zhengzhou 450002, Henan, China)

淀粉是小麦籽粒的主要成分,约占籽粒干重的65%,面粉重量的70%~80%,如此大量的淀粉对面粉品质性状有较大的影响^[1]。因此,国内外学者围绕淀粉特性开展了一些有益的工作。多数研究表明,小麦淀粉含量及颗粒状况影响面粉的出粉率、白度、淀粉酶活性(降落值)和灰分含量;淀粉含量高适于加工饼干与糕点制品,而淀粉的直/支比、凝沉性及黏度等决定着加工产品的外观品质和食用品质^[2~5]。直链淀粉含量低的面粉,在面条软度、光滑性、口感、膨胀势和综合评分等品质参数上有较好的表现,相反,直链淀粉含量过高,则会导致馒头体积小、韧性差,制成的面条易断、食用品质降低。以上这些研究多是结合品种(基因型)或环境条件进行的^[6~10],而围绕农艺措施的研究则相对较为薄弱。

水、氮运筹是作物优质高产栽培中主要的农艺措施,对品质性状有较大的影响。目前围绕水氮运筹对小麦品质的研究主要集中在蛋白质数量和质量性状方面,王立秋等(1997)的研究结果表明,增加灌水会降低小麦籽粒品质,对烘烤品质有一定的稀释作用,但这种稀释作用可以通过施肥得以缓解;一定的水肥措施可以改善面包体积和比容^[11]。但目前结合水肥措施对淀粉性状的研究尚不多见。据此,本试验利用两个具有不同筋力特性的小麦品种,研究了不同水氮运筹对小麦淀粉含量、淀粉特性的影响及其与面条品质的关系,以为小麦优质高效栽培提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料与设计

大田试验在河南农业大学试验农场进行,土壤为潮土,有机质含量1.5%,全氮含量0.112 mg/kg,速效氮84.0 mg/

kg,速效磷41.0 mg/kg,速效钾94.0 mg/kg。试验采取裂区设计,主处理为不同灌水,共3个水平,即拔节期灌1水(W₁),拔节期+孕穗期灌2水(W₂),拔节期+孕穗期+灌浆期灌3水(W₃),每次灌水定额750 m³/hm²。副处理为不同施氮量,共4个水平,即全生育期施纯氮0 kg/hm²(N₁),150 kg/hm²(N₂),225 kg/hm²(N₃)和300 kg/hm²(N₄),氮肥基施50%,另50%于拔节期结合灌水施入。供试材料选用强筋大穗型小麦品种豫麦66和中筋多穗型小麦品种豫麦49。播种密度按品种特性而定,豫麦66定植基本苗330 ×10⁴/hm²,豫麦49基本苗为150 ×10⁴/hm²。试验随机排列,重复3次,小区面积21.3 m²。10月14日播种,其他管理措施同一般高产麦田,成熟期每小区收获6 m²脱粒备用。

1.2 制粉

小麦成熟期每小区取收获籽粒2 kg,储存2月后用Buhler磨制粉,出粉率70%左右,并过100目筛。

1.3 直链淀粉和支链淀粉含量的测定

参照文献[12]双波长法,并通过作图法测定不同波长下直链淀粉和支链淀粉标样的吸收图谱,确定直链淀粉两波长分别为λ₁=622 nm, λ₂=480 nm,支链淀粉波长分别为λ₃=550 nm, λ₄=760 nm。直链淀粉和支链淀粉标样均来自美国Sigma公司。

1.4 淀粉糊化特性

用澳大利亚Newport Scientific公司的3D Super型快速黏度分析仪(RVA)测定峰值黏度、稀糊值等参数,黏度单位为cP。

1.5 淀粉膨胀势的测定

参照McCormick^[3]的方法。

*基金项目:河南省重大科技攻关项目(122012300, 0324100016)及国家科技部农业科技成果转化资金项目(021FN214101137)。

作者简介:王晨阳(1964-),男,河南方城人,河南农业大学作物栽培学与耕作学国家级重点学科副研究员,在读博士,主要从事小麦优质高产栽培研究。Tel: 0371-3558205 E-mail: xmxwang@371.net *通讯作者:郭天财。

Received(收稿日期):2003-07-29, Accepted(接受日期):2003-12-01.

1.6 统计分析方法

实验数据使用 SPSS8.0 进行方差及相关分析。

2 结果与分析

2.1 不同水氮处理淀粉含量及组分的方差分析

从表 1 可以看出,两品种的支链淀粉含量、总淀粉含量在不同灌水和施氮处理间的变异均达极显著水平 ($P < 0.01$),且表现为灌水效应明显大于施氮效应;直链淀粉含量在施氮处理间变异极显著,在灌水处理间豫麦 49 达 5% 显著水平,而豫 66 不显著。两品种淀粉直/支比在灌水和施氮处理间变异分别达到了极显著或显著水平。膨胀势两品种表现有差异,豫麦 49 灌水和施氮效应均达 5% 显著水平;豫麦 66 灌水效应极显著,而施氮效应则不显著。除膨胀势外,多数淀粉性状存在着显著的水 \times 氮互作效应,但豫麦 49 直链

淀粉含量及直/支比互作不显著。

2.2 不同水氮处理对淀粉含量及组分的影响

随追氮量增加,直链淀粉含量呈明显下降趋势(表 2),其中豫麦 49 以 N_3 处理直链淀粉含量最低,其次是 N_4 处理,二者与 N_1 处理的差异分别达极显著和显著水平;豫麦 66 以 N_4 处理直链淀粉含量最低, N_2 、 N_3 和 N_4 处理的直链淀粉含量均较 N_1 处理下降达极显著水平。支链淀粉含量在不同施氮处理间表现不太规律,其中豫麦 49 以 N_3 处理支链淀粉含量最高,但与 N_1 处理差异不显著;而豫麦 66 以 N_4 处理最高,且与其他 3 处理差异达极显著水平。由于直链淀粉和支链淀粉在不同施氮处理间的差异,导致淀粉直/支比的明显变化,其中豫麦 49 以 N_3 处理最小,豫麦 66 以 N_4 处理最小,其与 N_1 处理的差异均达极显著水平。面粉膨胀势(SP)豫麦 49 以不施氮肥的 N_1 处理最大,与各追氮处理差异达显著水平,而豫麦 66 各处理间差异不显著。

表 1 两品种淀粉含量及组分的方差分析(F 值)

Table 1 Partial analysis of variance of starch content and paste properties for two cultivars (F-values)

品种 Cultivar	因子 Factor	直链淀粉 Alymose	支链淀粉 Alymopectin	总淀粉 Total starch	直/支比 Ratio of Alymose to Alymopectin	膨胀势 Swelling power
豫麦 49 Yumai 49	灌水 Irrigation	4.683 *	16.684 **	15.060 **	7.064 **	6.487 *
	施氮 Nitrogen applied	7.192 **	5.749 **	11.085 **	4.653 *	5.685 *
	水 \times 氮 Irrigation \times Nitrogen	1.481	10.696 **	18.738 **	2.364	0.177
豫麦 66 Yumai 66	灌水 Irrigation	3.621	39.787 **	67.704 **	8.051 **	7.064 **
	施氮 Nitrogen applied	30.856 **	11.118 **	9.704 **	18.496 **	2.037
	水 \times 氮 Irrigation \times Nitrogen	11.167 **	23.473 **	22.510 **	14.342 **	1.589

注: *, ** 分别表示差异达到 0.05 和 0.01 显著水平。

Notes: *, ** indicated that significant at 0.05 and 0.01 levels, respectively.

表 2 不同施氮处理对淀粉含量及组成的影响

Table 2 Effects of nitrogen application on starch content and its components

品种 Cultivar	处理 Treatment	直链淀粉 Alymose	支链淀粉 Alymopectin	总淀粉 Total starch content	直/支比 Ratio of alymose to alymopectin	膨胀势 Swelling power
豫麦 49 Yumai 49	N_1	19.45 aA	49.03 aA	68.48 aA	0.396 abA	9.864 aA
	N_2	18.86 abA	45.61 bB	64.47 cB	0.422 aA	9.361 bB
	N_3	16.28 cB	49.33 aA	65.62 bcB	0.332 bA	9.436 bB
	N_4	17.53 bAB	48.41 aA	65.93 bB	0.367 abAB	9.573 bAB
豫麦 66 Yumai 66	N_1	23.58 aA	40.00 bB	63.58 aA	0.592 aA	7.500 aA
	N_2	22.23 bB	39.86 bB	62.09 bB	0.558 bB	7.661 aA
	N_3	21.82 bcB	40.71 bB	62.54 bAB	0.54 bBC	7.167 aA
	N_4	21.63 cB	41.99 aA	63.67 aA	0.517 cC	7.665 aA

注: 同列内平均值后有相同小写或大写字母表示差异未达到 5% 或 1% 显著水平。

Notes: Within column, means followed by the same small or capital letters are not significantly different at 5% or 1% levels, respectively.

从表 3 可以看出,两品种淀粉含量及组分随灌水的变化趋势基本一致。直链淀粉含量均以 W_2 处理的最小,与 W_1 处理差异均达 5% 显著水平;支链淀粉和总淀粉含量则表现为随灌水次数增加而呈增大趋势,其中 W_2 和 W_3 处理分别较 W_1 处理增大达极显著水平;直/支比则随灌水次数增加而下降, W_2 和 W_3 处理分别与 W_1 处理的差异达显著或极显著水平。面粉膨胀势在两品种上表现不一致,豫麦 49 随灌水次数增加而增加, W_2 和 W_3 处理与 W_1 处理的差异分别达显著或极显著水平;而豫麦 66 随灌水次数增加而下降,其中

W_3 较 W_1 处理下降达 1% 极显著水平。

2.3 不同水氮处理对淀粉糊化特性的影响

不同追氮量影响淀粉糊化特性,表现为随施氮量增加,淀粉峰值黏度(Peak Viscosity, PV)、低谷黏度(Hold Through, HT)、终结黏度(Final viscosity, FV)、稀薄值(Breakdown, BD)呈逐渐增大趋势。其中豫麦 49 以 N_2 和 N_3 处理的淀粉糊化参数较高, N_1 和 N_4 处理最低(图 1),即不施氮肥或追氮量过大均导致糊化性状变劣;豫麦 66 以上各糊化参数均以 N_4 处理为最大(图 2),表明增施氮肥有利于该品种淀粉糊化特性

的改善。

灌水对两品种淀粉糊化特性的影响截然不同:豫麦 49 的 PV、HT 及 FV 等糊化参数均随灌水次数增加呈明显增大

趋势,其中 PV、FV 及 BD 均以 W₂ 处理最大,HT 以 W₃ 处理最大(图 3);而豫麦 66 以上各淀粉糊化参数均随灌水次数增加而下降,以 W₃ 处理最小(图 4)。

表 3 不同灌水处理对淀粉含量及组成的影响

Table 3 Effects of irrigations on starch content and its components

品种 Cultivar	处理 Treatment	直链淀粉 Alymose	支链淀粉 Alympectin	总淀粉 Total starch content	直/支比 Ratio of alymose to alympectin	膨胀势 Swelling power
豫麦 49 Yumai 49	W ₁	19.16 aA	45.29 bB	64.44 bB	0.429aA	9.323 bB
	W ₂	17.48 bA	49.87 aA	67.36 aA	0.353 bB	9.658 aAB
	W ₃	17.85 abA	49.11 aA	66.96 aA	0.364 bAB	9.695 aA
豫麦 66 Yumai 66	W ₁	22.24 abA	38.88 cB	61.11 cC	0.573 aA	7.851 aA
	W ₂	22.10 bA	41.06 bA	63.16 bB	0.543 bB	7.542 abAB
	W ₃	22.61 aA	41.98 aA	64.59 aA	0.540 bB	7.102 bB

注:同列内平均值后有相同小写或大写字母的表示差异未达到 5% 或 1% 显著水平。

Notes: Within column, means followed by the same small or capital letters are not significantly different at 5% or 1% levels, respectively.

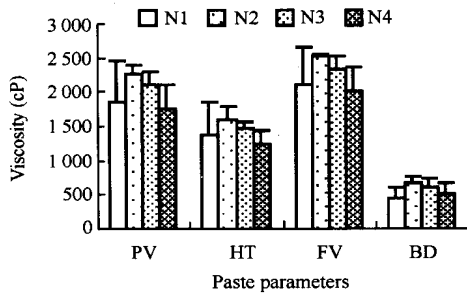


图 1 施 N 对豫麦 49 淀粉特性影响

Fig. 1 Effect of N application on starch properties of Yumai 49

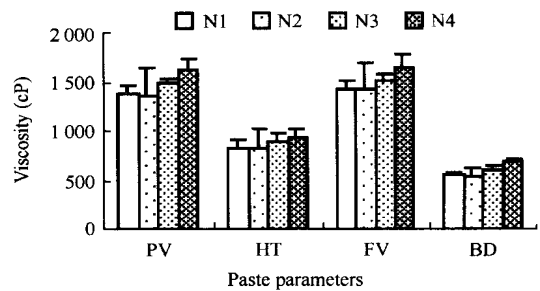


图 2 施 N 对豫麦 66 淀粉特性的影响

Fig. 2 Effect of N application on starch properties of Yumai 66

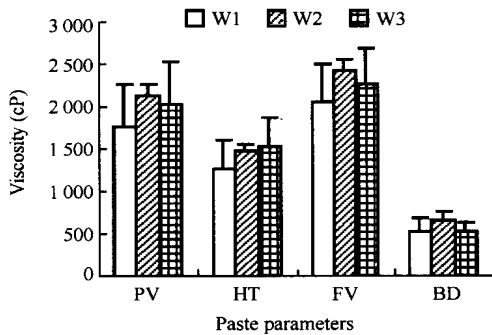


图 3 灌水对豫麦 49 淀粉特性的影响

Fig. 3 Effect of irrigation on starch properties of Yumai 49

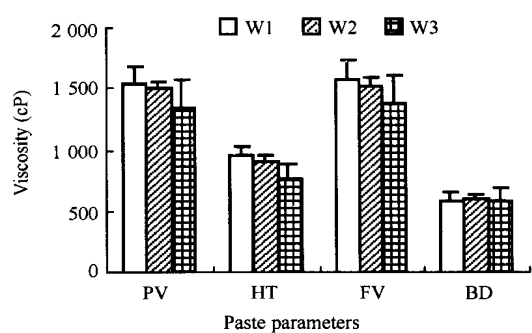


图 4 灌水对豫麦 66 淀粉特性的影响

Fig. 4 Effect of irrigation on starch properties of Yumai 66

3 讨论

淀粉是成熟小麦籽粒中含量最多的碳水化合物,对小麦品质,尤其是对面条、馒头等东方传统食品的加工品质有重要的影响^[1,2,13];日本学者 Toyokawa 等证明,淀粉是决定日本面条最重要的因素^[14]。淀粉性状的优劣受基因型和环境共同影响^[15-17],部分性状间存在着显著的 G × E 互作变异^[8]。阎俊等、Pamozzo J F 等研究指出,遗传因素对淀粉品质起决定作用^[18,19],然而姚大年等的研究表明,除直链淀粉及糊化时间外,淀粉其他性状受环境因素的影响更

大^[8]。淀粉由直链淀粉(amylose)和支链淀粉(amylopectin)两部分组成,一般来说,面粉中直链淀粉含量仅占 20%~25%,且品种间变异较小,但直链淀粉含量的微弱变化即可导致面条等食品品质很大的变化。优质面条、馒头要求较低的直链淀粉含量和适宜的直/支比^[9,10]。本试验结果表明,水氮运筹显著影响淀粉含量及组成,随施氮量增加,直链淀粉含量及直/支比均呈下降趋势,表明增施氮肥有利于改善中筋和强筋小麦面粉的面条加工品质;在限量灌水条件下(全生育期灌 3 水),灌水有利于增加支链淀粉和总淀粉含量,降低淀粉直/支比。从灌水与施氮对淀粉影响的效应看,直链淀粉

的施氮效应大于灌水效应,而支链淀粉和总淀粉含量则是灌水效应大于施氮效应。

糊化是淀粉的重要特性之一,它不仅影响蒸煮加热的时间和稳定性,而且影响水分的吸收。姚大年等(1999)、阎俊等(2001)指出基因型和环境对淀粉性状及黏度参数均有重要影响^[8,19]。本研究结果表明,两品种淀粉含量及糊化参数对水氮处理的反应有所不同。在不同施氮条件下,优质面条小麦品种豫麦49^[6]以追氮量225 kg/hm²时直链淀粉含量及直/支比最小,淀粉峰值黏度、稀浆值等糊化参数最高,而不施氮肥或追氮量过大均导致淀粉性状变劣;对豫麦66而言,增施氮肥提高了该品种的峰值黏度等糊化参数,这可能与高氮条件下支链淀粉含量的增加及直/支比的下降有关;有研究表明增施氮肥能保持植株叶片较强的营养物质合成及外运能力,从而促进籽粒中淀粉的合成^[20]。在不同灌水条件下,豫麦49的淀粉峰值黏度等糊化参数以W₂处理(拔节水+孕穗水)最大;而豫麦66则随灌水次数增加而下降,这与其面粉膨胀势的变化趋势相一致,反映了不同品种对环境条件及农艺措施要求的明显差异。从籽粒产量看,不同灌水处理间比较,两品种均以W₂处理最高,分别为7475.1和5921.7 kg/hm²,比W₁处理分别高4.2%和4.6%,差异达显著水平;不同施氮处理间比较,豫麦49以N₄处理最高,达7459.1 kg/hm²,豫麦66以N₃处理最高,为5977.7 kg/hm²,均与N₁处理差异达极显著水平;从不同水氮处理组合看,两品种均以W₂N₄、W₂N₃和W₃N₂等处理组合产量较高。因此,小麦优质高产栽培中水氮运筹模式的制订,应综合考虑品种类型、品质指标及产量水平,这方面仍需开展更深入的研究工作。

References

- [1] Du C(杜朝), Yang XJ(杨学举), Liu GR(刘桂茹), Zhang CY(张彩英), Chang WS(常文锁), Guan ZJ(关正君). Studies on the relations between starch properties of wheat flour and backing quality. *Journal of Agricultural University of Hebei* (河北农业大学学报), 2002, **25**(4): 29 - 33
- [2] Huang D-Y(黄东印), Lin ZJ(林作辑). A preliminary study on the relationship between noodle processing quality and quality characteristics of winter wheat. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica* (华北农学报), 1990, **5**(1): 40 - 45
- [3] McCormick KM, Panozzo J F, Hong S H. A swelling power test for selecting potential noodle quality wheats. *Aust J Agric Res*, 1991, **42**: 317 - 323
- [4] Holm J. Bioavailability of starch in various wheat based bread product: evaluation of metabolic responses in healthy subjects and rate and extent of *in vitro* starch digestion. *American J of Clinical Nutrition*, 1992, **55**(2): 420 - 429
- [5] Zhang C-Q(张春庆), Li Q-Q(李晴祺). A study on the main quality characters influencing the steamed bread processing quality of *T. aestivum*. *Scientia Agricultura Sinica* (中国农业科学), 1993, **26**(2): 39 - 46
- [6] Qin Z-Q(秦中庆), Wang M-F(王美芳), Xue Y-J(薛英杰), Cao X-L(高新楼). Study on wheat starch quality. *Cereal and Industry* (粮食与饲料工业), 2001, **11**: 6 - 8
- [7] Yao D-N(姚大年), Sun H(孙辉), Liu G-T(刘广田). Study on combining ability of amylose contents and swelling power in common wheat. *Journal of Chinese Cereals and Oils Association* (中国粮油学报), 1999, (4): 32 - 36
- [8] Yao D-N(姚大年), Liu G-T(刘广田), Zhu J-B(朱金宝). Effects of genotypes and environments on starch properties and flour viscosity parameters of common wheat. *Cereal and Industry* (粮食与饲料工业), 1999, (6): 1 - 4
- [9] Yao D-N(姚大年), Li B-Y(李保云), Zhu J-B(朱金宝), Liang R-Q(梁荣奇), Liu G-T(刘广田). Study on main starch properties and predictive indexes of noodle quality in common wheat (*Triticum aestivum*). *Scientia Agricultura Sinica* (中国农业科学), 1999, **32**(6): 84 - 86
- [10] Yao D-N(姚大年), Li B-Y(李保云), Liang R-Q(梁荣奇), Liu G-T(刘广田). Effects of flour viscosity traits in evaluating wheat varieties for their noodle quality. *Journal of China Agricultural University* (中国农业大学学报), 2000, **5**(3): 25 - 29
- [11] Wang L-Q(王立秋), Jin Z-Z(靳占忠), Cao J-S(曹敬山), Wang Z-Y(王占宇). Effect of water and fertilizer factors on grain quality and bread baking quality of wheat. *Scientia Agricultura Sinica* (中国农业科学), 1997, **30**(3): 67 - 73
- [12] 鲍坦. 农畜水产品品质化验分析. 中国农业出版社, 1996 (in Chinese)
- [13] Endo S, Karibe S, Okada K. Factors affecting gelatinization properties of wheat starch. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 1988, **35**: 7 - 14
- [14] Toyokawa H, Rubenthaler GL, Powers J R, Schanus E G. Japanese noodle qualities. II. Starch components. *Cereal Chemistry*, 1989, **66**(5): 387 - 391
- [15] Lee C H, Gore P J, Lee H O. Utilization of Australian wheat for Korean style dried noodle making. *Journal of Cereal Science*, 1987, **15**: 283 - 297
- [16] Morris C F, Shackley B J, King G E, Kidwell K K. Genotypic and environmental variation for flour swelling volume in wheat. *Cereal Chemistry*, 1997, **74**(1): 16 - 21
- [17] Huang S, Quail K, Moss R. Objective methods for quality assessment of northern style Chinese steamed bread. *Journal of Cereal Science*, 1995, **21**: 49 - 45
- [18] Huang S, Yuan S H, et al. Establishment of flour quality guideline for northern style Chinese steamed bread. *Journal of Cereal Sci*, 1996, **24**: 179 - 185
- [19] Yan J(阎俊), He Z-H(何中虎). 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
- [20] Mi G-H(米国华), Zhang F-S(张福锁), Wang Z-Y(王震宇). Discussion on the physiological basis of super high wheat yield: Grain weight formation in relation to the post anthesis interaction between carbon and nitrogen. *Journal of China Agricultural University* (中国农业大学学报), 1997, **2**(5): 73 - 78