

氮素对不同类型专用小麦营养和加工品质调控效应

朱新开, 郭文善, 周君良, 胡宏, 张影, 李春燕, 封超年, 彭永欣

(扬州大学农学院, 扬州 225009)

摘要: 选用弱筋小麦宁麦 9 号、中筋小麦扬麦 10 号、强筋小麦皖麦 38 通过设计施氮量和氮肥运筹试验, 分析氮素对不同类型专用小麦籽粒产量、营养品质和加工品质的影响。结果表明, 适当增加施氮量或提高中后期施氮比例, 均能提高不同类型专用小麦籽粒产量, 增加籽粒蛋白质、湿面筋含量、降落值、沉降值、面团吸水率、形成时间、稳定时间和评价值。在本试验条件下, 强筋、中筋小麦在施氮量 $180 \sim 240 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ 范围内, 氮肥施用以基肥: 平衡肥: 拔节肥: 孕穗肥为 3:1:3:3 的处理最优, 其次为 5:1:2:2 处理; 弱筋小麦以密度 $240 \times 10^4 \cdot \text{ha}^{-1}$ 、施氮量 $180 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ 、基肥: 平衡肥: 拔节肥为 7:1:2 的处理易实现高产与优质协调。

关键词: 专用小麦; 氮素; 营养品质; 加工品质; 产量

Effects of Nitrogen on Grain Yield, Nutritional Quality and Processing Quality of Wheat for Different End Uses

ZHU Xin-kai, GUO Wen-shan, ZHOU Jun-liang, HU Hong, ZHANG Ying,

LI Chun-yan, FENG Chao-nian, PENG Yong-xin

(College of Agronomy, Yangzhou University, Yangzhou 225009)

Abstract: The effects of nitrogen on grain yield, nutritional quality and processing quality of wheat for different end uses were studied in Yangzhou from 2000 to 2002. Increasing N application amount and/or the proportion of topdressing N after elongation stage increased grain yield, protein content, wet gluten content, sedimentation, falling number, development time and stability time. To produce strong-gluten and medium-gluten wheat, the suitable ratio of basic: tillering: elongation: booting N fertilizer was 3:1:3:3 or 5:1:2:2 with $180 \sim 240 \text{ kg}(\text{N}) \cdot \text{ha}^{-1}$, while to produce weak-gluten wheat, the ratio of basic: tillering: elongation N fertilizer should be 7:1:2 with $180 \text{ kg}(\text{N}) \cdot \text{ha}^{-1}$ and $240 \times 10^4 \cdot \text{ha}^{-1}$ seedlings.

Key words: Winter wheat for different end uses; Nitrogen; Nutritional quality; Processing quality; Grain yield

国内外有关氮素与小麦产量和品质的关系已有许多报道。多数研究表明, 在一定范围内随施氮量提高, 籽粒产量、蛋白质含量和产量同时增加, 面团的吸水性、可塑性和面包体积增加, 小麦籽粒的营养品质和加工品质得到改善^[1-3]。氮肥分期施用对强筋、中筋小麦产量及蛋白质含量均有调节效应, 小麦拔节至开花期施氮时间越

晚, 对籽粒蛋白质含量调节效应越大^[4-6]。但有关氮素对同一生态区不同类型专用小麦籽粒产量与加工品质影响的报道较少。笔者通过研究不同类型专用小麦品种产量、营养品质与加工品质的氮素调控效应, 提出不同类型专用小麦氮素运筹比例, 以为优质小麦专用化栽培提供理论和技术依据。

收稿日期 2002-08-26

基金项目 国家自然科学基金资助项目(30170540), 教育部高校骨干教师计划资助项目(GG901-11117-1003), 江苏省科技攻关资助项目(BE2001333)和江苏省农业三项工程资助项目

作者简介 朱新开(1969-), 男, 江苏阜宁人, 讲师, 博士研究生, 主要研究方向为麦类作物营养生理和优质高产高效栽培技术。郭文善为通讯作者, Tel: 0514-7979300; E-mail: wheat@yzu.edu.cn

1 材料与方法

试验于2000~2002年在扬州大学江苏省作物栽培生理重点开放实验室试验场进行,前茬为水稻。2000年秋播时20 cm土层内的土壤水解氮为 $42.3 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,速效磷为 $42.2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,速效钾为 $114.5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,有机质含量为1.26%;2001年秋播时20 cm土层内的土壤碱解氮为 $72.6 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,速效磷为 $43.5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,速效钾为 $96.0 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,有机质含量为1.45%。

1.1 试验设计

1.1.1 专用小麦品种与氮素运筹试验 采用3因素裂区设计,品种为主区,设强筋小麦皖麦38、中筋小麦扬麦10号、弱筋小麦宁麦9号3个水平,氮肥施用量为裂区,设纯氮180和 $240 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ 共2个水平,氮肥运筹方式为小裂区,设基肥:平衡肥为9:1,基肥:平衡肥:倒二叶肥为7:1:2,5:1:4,基肥:平衡肥:倒三叶肥:剑叶肥为5:1:2:2,3:1:3:3共5个水平。磷(P_2O_5)、钾(K_2O)肥施用量均为 $108 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$,其中50%基施,50%于叶龄余数3.5时追施,施肥种类为尿素、过磷酸钙(基施)、磷酸氢二铵(追施)和氯化钾。11月2日播种,基本苗 $150 \times 10^4 \cdot \text{ha}^{-1}$,行距30 cm,人工条播,小区面积 19.8 m^2 ,重复3次。

1.1.2 弱筋小麦密肥组合试验 采用3因素裂区设计,以密度为主区,设基本苗 $150 \times 10^4 \cdot \text{ha}^{-1}$ 和 $240 \times 10^4 \cdot \text{ha}^{-1}$ 共2个水平,纯氮施用量为裂区,设180和 $240 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ 共2个水平,氮肥运筹比例为小裂区,设基肥:平衡肥:倒二叶肥为5:1:4,基肥:平衡肥:倒三叶肥:剑叶肥为5:1:2:2,基肥:平衡肥:倒二叶肥为7:1:2,基肥:平衡肥为9:1共4种运筹方式, P_2O_5 、 K_2O 施用量均为 $108 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$,其中50%基施,50%于拔节时追施,施肥种类为尿素、过磷酸钙(基施)、磷酸氢二铵(追肥)和氯化钾。供试品种为宁麦9号,11月2日播种,行距30 cm,小区面积 19.8 m^2 ,重复2次。

1.2 测定项目及方法

成熟期取样测定穗数、穗粒数、千粒重,各小区收割 3 m^2 计产。收获后采用HGT01000型容重计测定籽粒容重,按国标GB5511-85半微量凯氏定氮法测定籽粒粗蛋白含量;用瑞典Falling Number公司2100型洗面筋仪测定籽粒干面筋、湿面筋含量;用德国Brabender公司Quadrumat Junior试验磨粉机磨粉并计算出粉率,按AACC方法54-21,用德国Brabender公司粉质仪测定包括面团吸水率、形成时

间、稳定时间、弱化度、评价值等指标。

2 结果与分析

2.1 氮素对不同类型专用小麦籽粒产量的影响

试验结果表明,氮肥对不同类型专用小麦籽粒产量有一定的调节效应,但效应大小不一。不同处理间籽粒产量差值为:强筋小麦为 $1653.3 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$,中筋小麦为 $1577.9 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$,弱筋小麦为 $1753.31 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (基本苗 $150 \times 10^4 \cdot \text{ha}^{-1}$ 处理)和 $3294.20 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (基本苗 $240 \times 10^4 \cdot \text{ha}^{-1}$ 处理),即在本试验基本苗 $150 \times 10^4 \cdot \text{ha}^{-1}$ 条件下,氮肥对弱筋小麦产量的调节效应高于强、中筋小麦。施氮量及氮肥运筹对产量的影响,不同类型专用小麦总体趋势均表现为在同一氮肥运筹下,随施氮量增加,籽粒产量提高,同一施氮量下,随中后期施氮比例增加,籽粒产量呈上升趋势,低氮处理变化幅度大于高氮处理(表1,表2)。从高产角度分析,在本试验基本苗 $150 \times 10^4 \cdot \text{ha}^{-1}$ 条件下,3种类型专用小麦均按纯氮施用量为 $240 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ 、基肥:平衡肥:倒三叶肥:剑叶肥为3:1:3:3的处理籽粒产量最高,弱筋小麦宁9号在基本苗 $240 \times 10^4 \cdot \text{ha}^{-1}$ 条件下,则以纯氮施用量 $240 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ 、基肥:平衡肥:倒二叶肥为5:1:4的处理籽粒产量最高。

2.2 氮素对不同类型专用小麦籽粒蛋白质和面筋含量的影响

试验结果表明,氮肥对不同类型专用小麦籽粒蛋白质和面筋含量有一定的调节效应,不同处理间各测定性状的相对变异幅度分别为:强筋小麦蛋白质含量32.7%,湿面筋含量63.8%;中筋小麦蛋白质含量26.7%,湿面筋含量43.8%。弱筋小麦宁麦9号 $150 \times 10^4 \cdot \text{ha}^{-1}$ 基本苗间各测定性状的相对变异幅度分别为:籽粒蛋白质含量18.0%,湿面筋含量43.2%, $240 \times 10^4 \cdot \text{ha}^{-1}$ 基本苗间各处理间为:籽粒蛋白质含量47.6%,湿面筋含量36.6%(表1,表2)。表明在同一密度条件下,氮肥对强筋、中筋小麦籽粒蛋白质和面筋含量的调节效应高于对弱筋小麦的调节效应。

氮肥运筹对不同类型专用小麦籽粒蛋白质和面筋含量的调节效应趋势基本一致,同一氮肥运筹下,增加施氮量,籽粒蛋白质和湿面筋含量均提高,同一施氮量,增加中后期施氮比例,籽粒蛋白质、湿面筋含量呈上升趋势,低氮处理变化幅度大于高氮处理。但氮肥运筹对不同类型专用小麦调节效应的大小不同,在本试验条件下,强筋小麦皖麦38以施氮量

表 1 氮素对强筋、中筋专用小麦籽粒产量、蛋白质和面筋含量的影响¹⁾

Table 1 Effects of nitrogen on grain yield ,protein content and gluten content of strong-gluten and medium-gluten wheat

品种类型 Variety	施氮量 N amount (kg·ha ⁻¹)	氮肥运筹方式 N fertilizer application	穗数 Ear (1×10 ⁴ ·ha ⁻¹)	粒数 Kernels	千粒重 1000-kernel weigh(g)	籽粒产量 Grain yield (kg·ha ⁻¹)	蛋白质含量 Protein content (%, dry basis)	湿面筋含量 Wet gluten content (%, 14% wet basis)	干面筋含量 Dry gluten content(%)
强筋小麦皖麦 38 Strong-gluten wheat Wanmai38	180	9:1	418.65	36.23	45.78	7 196.1 e	11.3	24.6	8.8
		7:1:2	456.00	35.37	45.73	7 379.1 de	12.9	27.9	10.9
		5:1:4	448.05	37.16	47.24	7 868.7 bcd	12.9	31.2	12.3
		5:1:2:2	446.55	37.51	47.64	7 983.9 bc	14.0	37.3	13.9
		3:1:3:3	424.95	40.61	48.51	8 373.9 ab	14.5	37.9	15.4
	240	9:1	461.25	35.31	44.05	7 176.9 e	12.5	25.8	9.2
		7:1:2	461.85	37.22	44.99	7 735.7 cd	13.2	30.3	11.6
		5:1:4	443.25	39.57	45.75	8 026.7 bc	13.3	35.9	13.3
		5:1:2:2	436.65	39.49	46.80	8 073.0 bc	14.4	39.1	14.3
		3:1:3:3	460.20	41.30	46.45	8 830.2 a	15.0	40.3	15.9
标准差 Std.	Deviation	15.19	2.14	1.31	521.52	1.10	5.78	2.44	
变异系数 cv		3.41	5.64	2.84	6.63	8.21	17.49	19.46	
中筋小麦扬麦 10 号 Medium-gluten wheat Yangmail0	180	9:1	413.70	37.57	45.65	7 098.0 c	10.5	21.9	8.1
		7:1:2	390.15	41.69	45.34	7 376.0 c	11.6	25.2	9.6
		5:1:4	408.45	43.94	45.04	8 085.6 b	12.2	27.9	10.6
		5:1:2:2	417.60	43.10	45.71	8 230.5 ab	12.5	28.7	11.0
		3:1:3:3	396.90	46.63	46.87	8 675.9 a	12.9	29.4	11.4
	240	9:1	456.00	37.44	44.32	7 566.5 c	11.3	30.3	11.3
		7:1:2	465.15	39.65	43.97	8 111.1 b	11.8	30.5	11.2
		5:1:4	438.60	41.58	45.85	8 362.2 ab	12.6	32.2	11.2
		5:1:2:2	453.00	41.25	44.85	8 382.2 ab	12.9	32.7	12.2
		3:1:3:3	401.70	47.46	46.54	8 542.7 ab	13.3	35.9	13.4
标准差 Std.	Deviation	26.95	3.38	0.91	524.28	12.16	29.47	11.00	
变异系数 cv		6.35	8.05	2.01	6.52	0.86	3.94	1.42	

¹⁾表中同列不同小写字母数值间差异显著($P < 0.05$) Values with different letters in the same column are significantly different($P < 0.05$)

表 2 氮肥和密度对弱筋专用小麦宁麦 9 号籽粒产量、蛋白质和面筋含量的影响¹⁾

Table 2 Effects of nitrogen and density on grain yield , protein content and gluten content of weak-gluten wheat Ningmai9

密度 Density (1×10 ⁴ ·ha ⁻¹)	施氮量 N amount (kg·ha ⁻¹)	氮肥运筹方式 N fertilizer application	穗数 Ear (1×10 ⁴ ·ha ⁻¹)	粒数 Kernels	千粒重 1000-kernel weigh(g)	籽粒产量 Grain yield (kg·ha ⁻¹)	蛋白质含量 Protein content (%, dry basis)	湿面筋含量 Wet gluten content (%, 14% wet basis)	干面筋含量 Dry gluten content (%)	
150	180	9:1	428.85	43.08	42.05	7 770.2 d	10.0	22.2	8.7	
		7:1:2	437.10	45.26	42.36	8 383.4 c	10.9	22.4	8.4	
		5:1:4	446.40	47.83	42.38	9 051.9 b	10.7	23.1	9.2	
		5:1:2:2	448.95	47.59	41.94	8 963.1 b	11.3	23.7	9.9	
		3:1:3:3	423.60	50.52	42.78	9 154.4 ab	11.4	26.1	11.5	
	240	9:1	443.25	44.32	41.54	8 161.2 cd	10.6	18.8	7.8	
		7:1:2	446.25	48.13	41.61	8 941.1 b	11.4	26.4	10.5	
		5:1:4	457.05	47.62	41.40	9 013.5 b	11.3	27.5	10.6	
		5:1:2:2	454.80	50.63	40.68	9 369.5 ab	11.7	27.6	10.8	
		3:1:3:3	448.80	51.56	41.15	9 523.5 a	11.8	28.4	12.2	
标准差 Std.	Deviation	10.73	2.80	0.64	553.78	0.55	3.07	1.42		
变异系数 cv		2.42	5.87	1.52	6.27	4.99	12.46	14.22		
240	180	9:1	367.98	41.79	40.48	6 225.0 f	8.2	18.3	6.4	
		7:1:2	410.02	43.14	41.24	7 294.7 d	8.7	19.8	6.9	
		5:1:4	442.18	44.38	42.22	8 285.2 c	9.9	22.5	7.9	
		5:1:2:2	434.40	44.07	42.58	8 151.5 c	10.1	22.5	7.9	
		3:1:3:3	367.98	41.79	40.48	7 086.8 e	9.2	19.5	7.0	
	240	7:1:2	410.02	43.14	41.24	8 570.3 b	10.3	21.5	7.7	
		5:1:4	442.18	44.38	42.22	9 519.2 a	12.1	24.8	8.7	
		5:1:2:2	434.40	44.07	42.58	9 344.2 a	11.9	25.0	8.4	
		标准差 Std.	Deviation	30.91	1.08	0.88	1 133.76	1.40	2.44	0.79
		变异系数 cv		7.47	2.48	2.12	14.07	13.91	11.24	10.33

¹⁾表中同列不同小写字母数值间差异显著($P < 0.05$) Values with different letters in the same column are significantly different($P < 0.05$)

180 ~ 240 kg·ha⁻¹、基肥:平衡肥:倒三叶肥:剑叶肥为 3:1:3:3 和 5:1:2:2 处理的籽粒蛋白质和面筋含量达国家强筋小麦品质标准(GB/T17892-1999)二等以上^[7]。中筋小麦采用氮肥运筹为 5:1:4、5:1:2:2 和 3:1:3:3 处理籽粒蛋白质、湿面筋含量均能满足商业部专用小麦粉品质标准(SB/T10137-1993)要求^[8]。其中施氮量 240 kg·ha⁻¹、基肥:平衡肥:倒三叶肥:剑叶肥为 3:1:3:3 和 5:1:2:2 的氮肥运筹处理蛋白质和面筋含量品质优于其它处理。弱筋小麦在 150 × 10⁴·ha⁻¹ 基本苗条件下,以施氮量 180 kg·ha⁻¹、氮肥运筹为 9:1、7:1:2 处理蛋白质和面筋含量比较接近国家弱筋小麦品质标准(GB/T17893-1999)^[7];在 240 × 10⁴·ha⁻¹ 基本苗条件下,180 kg·ha⁻¹ 的所有氮肥运筹处理和 240 kg·ha⁻¹、氮肥运筹为 9:1、7:1:2 处理籽粒蛋白质、面筋含量均符合国家弱筋小麦品质标准。

2.3 氮素对不同类型专用小麦籽粒加工品质的影响

试验结果表明(表 3),氮肥对不同类型专用小

麦加工品质的调节效应程度不同,强筋小麦不同处理间各测定性状的相对变幅分别为:容重 1.7%,出粉率 1.2%,降落值 30.4%,沉降值 13.2%,面团吸水率 5.3%,面团形成时间 62.5%,面团稳定时间 43.0%,弱化度 50.0%,评价值 40.0%。中筋小麦扬麦 10 号不同处理间各测定性状相对变异幅度分别为:容重 1.1%,出粉率 1.5%,降落值 15.7%,沉降值 34.3%,面团吸水率 3.5%,面团形成时间 50.0%,面团稳定时间 128.2%,弱化度 50.0%,评价值 10.6%。弱筋小麦宁麦 9 号不同处理间品质性状相对变异幅度,150 × 10⁴·ha⁻¹ 基本苗间分别为:容重 3.1%,出粉率 1.5%,降落值 11.0%,沉降值 89.3%,面团吸水率 8.0%,面团形成时间 35.3%,面团稳定时间 23.5%,弱化度 21.1%,评价值 10.3%;240 × 10⁴·ha⁻¹ 基本苗间分别为:容重 4.1%,降落值 25.3%,沉降值 41.7%,面团吸水率 6.8%,面团形成时间 46.2%,面团稳定时间 60.0%,弱化度 50.0%,评价值 10.0%。

表 3 施氮量与氮肥运筹对不同类型专用小麦加工品质的影响

Table 3 Effects of nitrogen on processing quality wheat for different end uses

品种 Variety	密度 Density (1 × 10 ⁴ · ha ⁻¹)	施氮量 N amount (kg·ha ⁻¹)	氮肥运筹 N fertilizer application	容重 Volume weight (g·L ⁻¹)	出粉率 Flour yield (%)	降落值 Falling number (s)	沉降值 Sedimen- tation (ml)	吸水率 Water absorption (%)	形成时间 Development time (min)	稳定时间 Stability time (min)	弱化度 Degree of softening (B.U.)	评价值 Valorimeter value	
强筋小麦皖麦 38 Strong-gluten wheat Wanmai38	150	180	7:1:2	820	75.00	365	38	60.6	4.8	7.9	50	50	
			5:1:4	815	75.01	465	39	62.7	5.2	9.3	60	58	
			3:1:3:3	818	75.49	471	41	63.0	6.3	9.4	55	64	
			7:1:2	815	75.89	465	42	63.0	6.0	11.4	40	64	
			5:1:4	826	75.17	471	42	63.0	6.0	11.8	45	63	
			3:1:3:3	812	75.07	476	43	63.8	7.3	11.3	40	70	
	标准差 Std.	Deviation		4.93	0.35	42.91	1.94	1.09	0.88	1.55	8.16	6.80	
		变异系数 cv		0.60	0.47	9.49	4.75	1.73	14.76	15.18	16.89	11.06	
	中筋小麦扬麦 10 号 Medium-gluten wheat Yangmai10	150	180	9:1	809	73.19	375	35	60.8	2.0	3.9	60	47
				7:1:2	809	73.20	381	40	59.3	2.2	3.9	50	47
5:1:4				813	73.08	357	44	60.5	2.7	4.9	60	50	
5:1:2:2				810	72.72	369	41	60.0	2.4	5.0	50	48	
3:1:3:3				816	73.51	421	44	60.9	2.4	6.5	50	50	
9:1				815	73.67	376	40	61.0	2.6	5.5	60	49	
240		7:1:2	813	73.36	431	43	61.3	2.5	7.8	40	51		
		5:1:4	816	73.01	410	43	59.2	2.5	8.9	40	52		
		5:1:2:2	807	73.06	401	44	61.6	3.0	6.7	50	52		
		3:1:3:3	810	72.57	391	47	61.3	2.5	6.7	50	50		
标准差 Std.	Deviation		3.22	0.33	23.99	3.28	0.84	0.27	1.64	7.38	1.84		
	变异系数 cv		0.40	0.46	6.13	7.79	1.38	10.89	27.40	14.47	3.71		
弱筋小麦宁麦 9 号 Weak-gluten wheat Ningmai9	150	180	7:1:2	800	72.42	365	28	55.2	1.7	3.6	100	39	
			5:1:4	810	72.22	345	31	54.9	1.8	3.4	100	39	
			3:1:3:3	825	73.48	373	40	56.7	2.0	4.1	90	43	
			7:1:2	805	72.07	357	34	58.3	1.9	4.2	95	41	
			5:1:4	808	72.47	355	38	58.4	1.8	3.7	95	40	
			3:1:3:3	818	73.55	334	53	59.3	2.3	3.2	115	40	
	标准差 Std.	Deviation		9.08	0.65	13.92	8.85	1.82	0.21	0.39	8.61	1.51	
		变异系数 cv		1.12	0.89	3.92	23.70	3.19	11.15	10.54	8.68	3.73	
	弱筋小麦宁麦 9 号 Weak-gluten wheat Ningmai9	240	180	9:1	773	/	387	24	56.2	1.6	3.2	95	40
				7:1:2	782	/	431	28	54.7	1.7	3.0	95	41
5:1:4				790	/	359	32	56.7	1.3	4.2	80	41	
5:1:2:2				797	/	344	33	54.5	1.6	4.8	70	44	
9:1				800	/	359	28	55.3	1.6	3.5	9040		
7:1:2				805	/	345	31	55.0	1.7	4.6	90	42	
240		5:1:4	793	/	351	34	58.2	1.9	3.2	105	40		
		5:1:2:2	795	/	367	33	55.4	1.7	4.4	90	42		
		标准差 Std.	Deviation		10.23	/	29.00	3.42	1.23	0.17	0.72	10.50	1.39
			变异系数 cv		1.29	/	7.88	11.26	2.21	10.29	18.51	11.75	3.37

施氮量及氮肥运筹对不同专用小麦籽粒加工品质调节效应的趋势基本一致,同一氮肥运筹下,增加施氮量,籽粒降落值、沉降值、面团吸水率、形成时间、稳定时间和评价值都上升,弱化度下降。同一施氮量,增加中后期施氮比例,降落值、沉降值、面团吸水率、形成时间、稳定时间、评价值都有所上升,低氮处理变化幅度大于高氮处理。但施氮量和氮肥运筹对不同专用小麦的调节效应的程度不同,在本试验条件下,以施氮量 $180 \sim 240 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ 、基肥:平衡肥:倒三叶肥:剑叶肥为 $3:1:3:3$ 和 $5:1:2:2$ 处理的加工品质达国家强筋小麦(GB/T17892-1999)⁷品质标准二等以上。中筋小麦采用氮肥运筹为 $5:1:4$ 、 $5:1:2:2$ 和 $3:1:3:3$ 处理籽粒加工品质均能满足商业部专用小麦粉品质标准(SB/T10137-1993)⁸要求,其中施氮量 $240 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ 、基肥:平衡肥:倒三叶肥:剑叶肥为 $3:1:3:3$ 和 $5:1:2:2$ 的氮肥运筹处理加工品质优于其它处理。弱筋小麦在本试验 $150 \times 10^4 \cdot \text{ha}^{-1}$ 基本苗条件下,以施氮量 $180 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ 、氮肥运筹为 $9:1$ 、 $7:1:2$ 处理籽粒营养品质比较接近国家弱筋小麦品质标准,但加工品质稍逊; $240 \times 10^4 \cdot \text{ha}^{-1}$ 基本苗下, $180 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ 的氮肥运筹处理和 $240 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ 、氮肥运筹为 $9:1$ 、 $7:1:2$ 的处理籽粒蛋白质、面筋含量均符合国家弱筋小麦品质标准(GB/T17893-1999),但面团稳定时间偏长,略低于国家标准。

3 讨论

专用小麦品质性状既受遗传基因型控制,亦存在与生态环境和栽培条件的互作效应,通过肥水等调控措施,可以使对生态环境适应性较好的品种产量和品质潜力得以充分发挥,实现产量和品质协调同步提高。本试验结果表明,施氮量和氮肥运筹对不同品质指标均有一定的调节效应,但影响程度不同,不同类型专用小麦籽粒容重、出粉率、面团吸水率相对变异幅度分别为 $1.1\% \sim 4.1\%$ 、 $1.2\% \sim 1.5\%$ 、 $3.5\% \sim 8.0\%$,且同一类型专用小麦的栽培措施调节效应较小(变幅较小),表明在本试验的生态条件下,籽粒容重、出粉率、面团吸水率等性状通过栽培措施调节的效应较小,生产中可能需要通过遗传途径和生态途径进行改良;而不同专用类型小麦籽粒蛋白质、湿面筋含量、降落值、沉降值、面团形成时间、稳定时间、弱化度、评价值等指标变异较大,各性状相对变异幅度变化范围分别为:籽粒蛋白质含量 $18.0\% \sim 47.6\%$,湿面筋含量 $36.6\% \sim 63.$

8% ,降落值 $11.0\% \sim 30.4\%$,沉降值 $13.2\% \sim 89.3\%$,面团形成时间 $35.3\% \sim 62.5\%$,稳定时间 $23.5\% \sim 128.2\%$,且同一类型品种通过栽培措施调节的变异幅度较大,表明这几个品质指标受栽培环境调节的程度较大,通过栽培措施的合理运用,可以使不同类型专用小麦籽粒品质达到国标或加工企业的要求。同时不同类型专用小麦品种受栽培措施的调节幅度不一致,相对而言,强筋小麦籽粒蛋白质、湿面筋含量、面团形成时间和稳定时间的氮素调控效应较大,弱筋小麦较小。因此,针对不同专用类型小麦的特点,进行栽培措施的合理运用,可使其品质更优。

在有关氮素对小麦籽粒产量和品质的调节效应研究中,多数研究表明,在一定范围内增加施氮量或于小麦生育中后期追施氮肥,均能提高小麦籽粒产量及蛋白质与面筋含量。但不同研究者得出的实现优质高产的氮肥运筹比例并不完全一致^{3-6,9-16},Ayoub等¹⁵研究认为,氮肥运筹以基肥60%加开花期追施40%处理,对提高籽粒中蛋白质含量和面包体积效果较好;朱新开等¹⁶认为,施用基肥、三叶肥和拔节肥是中筋小麦优质高产的综合施氮途径。本试验结果表明,施氮量与氮肥运筹对不同专用小麦产量和籽粒营养与加工品质均有显著的调节效应,增加施氮量,提高中后期施氮比例,均能增加不同专用类型小麦籽粒产量,这与前人研究结论一致¹⁻³,但不同专用类型小麦增产幅度不同,本试验条件下以弱筋小麦增产幅度最大,中筋小麦次之,强筋小麦最小,并且产量排序以基肥:平衡肥:拔节肥:孕穗肥施用比例为 $3:1:3:3 > 5:1:2:2 > 5:1:4 > 7:1:2 > 9:1$,这与国内有关研究结论和目前大面积生产中应用的氮肥运筹比例不同。同时,增加施氮量或提高中后期施氮比例,均能相应提高籽粒蛋白质和湿面筋含量、降落值、沉降值、面团吸水率、形成时间、稳定时间和评价值。说明在强筋、中筋小麦生产中,适当增加施氮量,提高中后期施氮比例,一方面可以提高小麦产量,另一方面可以提高氮肥利用率和氮素生产力,提高小麦籽粒蛋白质和湿面筋含量,并能提高籽粒降落值、沉降值、面团吸水率、形成时间、稳定时间和评价值。弱筋小麦品质要求低蛋白、低筋力,因此在生产中应适当降低氮肥用量和减少中后期施氮比例。综合来看,在本试验条件下,施氮量 $180 \sim 240 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$,强筋、中筋小麦以基肥:平衡肥:拔节肥:孕穗肥为 $3:1:3:3$ 的处理最优,其次为 $5:1:2:2$ 的处理;弱筋小麦以密度 $240 \times 10^4 \cdot$

ha⁻¹、施氮量 180 kg·ha⁻¹、基肥:平衡肥:拔节肥为 7:1:2 的处理籽粒蛋白质、湿面筋含量比较接近国家弱筋小麦标准,且品质随基本苗适当提高而改善,可以实现品质与产量的协调。但如何通过栽培措施降低弱筋小麦面团稳定时间还有待于进一步探讨。

致谢:本试验中部分加工品质指标由南京经济学院粮油食品检测中心协助测定,谨致谢意。

References

- [1] 彭永欣,郭文善,严六零,封超年编著.小麦栽培与生理.南京:东南大学出版社,1992:127-144.
Peng Y X, Guo W S, Yan L L, Feng C N. *Cultivation Techniques and Physiology of Wheat*. Nanjing: East-south University Press, 1992: 127-144. (in Chinese)
- [2] 刘安勋.施氮量对小麦蛋白质的影响.青海大学学报(自然科学版),2000,18(3):4-6.
Liu A X. Influence of nitrogen application on wheat protein. *Journal of Qinghai University*(natural sciences), 2000, 18(3): 4-6. (in Chinese)
- [3] 杨根海,张起刚,陈佑良,王福钧,梅楠.用¹⁵N示踪研究小麦品质 I.后期氮肥对冬小麦产量和蛋白质含量的影响.北京农业大学学报,1986,12(1):39-46.
Yang G H, Zhang Q G, Chen Y L, Wang F J, Mei N. Studies on wheat quality using nitrogen-15. I. Influence of late-stage application of N-fertilizer on grain yield and protein content of winter wheat. *Acta Agriculture University Pekinensis*, 1986, 12(1): 39-46. (in Chinese)
- [4] 贺明荣.氮肥对小麦籽粒营养品质的影响.山东农业大学学报,1988,19(3):23-30.
He M R. Effects of N fertilizer on the nutritional quality of winter wheat. *Journal of Shandong Agricultural University*, 1988, 19(3): 23-30. (in Chinese)
- [5] 徐恒永,赵振东,刘爱峰,刘建军,张存良,毕德峰,杭新杰,张怀友.氮肥对优质专用小麦产量和品质的影响. II. 氮肥对小麦品质的影响.山东农业科学,2001(2):13-17.
Xu H Y, Zhao Z D, Liu A F, Liu J J, Zhang C L, Bi D F, Hang X J, Zhang H Y. Effect of nitrogen application on grain yield and quality of high quality wheat. II. Effect of nitrogen on quality. *Shandong Agricultural Science*, 2001(2): 13-17. (in Chinese)
- [6] 牛惠民,刘素琴,任同琦.优质专用小麦肥水管理技术研究初报.河南农业科学,2000(11):4-11.
Niu H M, Liu S Q, Ren T Q. Preliminary study on management technique of water and fertilizer in special wheat. *Journal of Henan Agricultural Science*, 2000, (11): 4-11. (in Chinese)
- [7] 中国国家质量技术监督局,GB/T17892-17893-1999 优质小麦(强筋、弱筋)国家标准,1999.
State Bureau of Quality and Technical Supervision, P. R. China, *High Quality Wheat-Strong Gluten Wheat*(GB/T17892-1999), *High Quality Wheat, Weak Gluten Wheat*(GB/T17893-1999), 1999. (in Chinese)
- [8] 中华人民共和国商业部,SB/T10136-10145-93 专用小麦粉,1993.
Ministry of Commerce, P. R. China, *Flour for Specific End Uses*, SB/T10136-10145-93, 1993. (in Chinese)
- [9] 朱金宝,刘广田,张树榛.基因型和环境对小麦烘烤品质的影响.作物学报,1995,21(6):679-684.
Zhu J B, Liu G T, Zhang S Z. Genotype and environment effects on baking quality of wheat. *Acta Agronomica Sinica*, 1995, 21(6): 679-684. (in Chinese)
- [10] 黄绍敏,皇甫湘荣,宝德俊,李留俊,信煜.优质专用小麦高产高效的施肥技术研究.河南农业大学学报,1999,33(专刊):39-40.
Huang S M, Huangfu X R, Bao D J, Li L J, Xin Y. Study on the technique of fertilizer application for high-yield and high efficiency in special and high quality wheat. *Acta Agricultural University Henanensis*, 1999, 33(Suppl.) 39-40. (in Chinese)
- [11] 曹承富,汪芝寿,孔令聪,黄志平,胡亚敏,刘伟民.氮素与密度对优质小麦产量和品质的影响.安徽农业科学,1997,25(2):115-117.
Cao C F, Wang Z S, Kong L C, Huang Z P, Hu Y M, Liu W M. Effect of nitrogen element and plant density on wheat yield and quality. *Journal of Anhui Agricultural Science*, 1997, 25(2): 115-117. (in Chinese)
- [12] 杜金哲,李文雄,白祥和,胡尚连,刘锦江.春小麦籽粒蛋白质积累和产量形成规律及施氮的调节作用.东北农业大学学报,1999,30(1):1-9.
Du J Z, Li W X, Bai X H, Hu S L, Liu J J. The accumulation law of grain protein of spring wheat and its relationship with the formation of yield. *Journal of Northeast Agriculture University*, 1999, 30(1): 1-9. (in Chinese)
- [13] Kanwar J S, Das M N, Sardana M G, Bapat S R. Balanced fertilizer use for maximizing returns from wheat on cultivators fields. *Fertilizer News*, 1972, 17(1): 19-30.
- [14] Doyle A D, Shapland R A. Effect of split nitrogen applications on the yield and protein content of dryland wheat in northern New South Wales. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 1991, (31) 85-92.
- [15] Ayoub M, Guertin S, Fregeau R J, Smith D L. Nitrogen fertilizer effect on breading quality of hard red spring wheat in eastern Canada. *Crop Science Society of America*, 1994, 34(5): 1346-1352.
- [16] 朱新开,郭文善,盛婧,赵德华,封超年,彭永欣.施氮叶龄期对中筋小麦籽粒产量和品质的调节效应.扬州大学学报(农业与生命科学版),2002,23(2):55-58.
Zhu X K, Guo W S, Sheng J, Zhao D H, Feng C N, Peng Y X. Effect of N applying leaf ages on grain yield and quality in medium-gluten wheat. *Journal of Yangzhou University*(agricultural and life sciences edition), 2002, 23(2): 55-58. (in Chinese)