

不同氮肥运筹对冬小麦产量、蛋白质及其组分的影响

张霞, 罗延庆, 张胜全, 吴永成, 王敏, 王志敏*

(中国农业大学农学与生物技术学院, 北京 100094)

摘要: 2003~2004 年在大田节水栽培条件下, 研究了 3 个施氮水平 (157.5 kg/hm^2 、 226.5 kg/hm^2 、 295.5 kg/hm^2) 下氮肥一次性底施与分次施用 (底肥+拔节期追肥) 对两个小麦品种 (强筋麦济南 17 与中筋麦石家庄 8 号) 品质和产量的影响。结果表明: 节水栽培条件下不同氮素水平及等量氮肥一次性基施与分次施用两小麦品种产量差异不显著, 过量施用氮肥产量反而有所下降; 施氮越多, 氮肥生产力越低; 不同处理对两品种小麦籽粒蛋白质及其各组分的影响也同样没有达到显著水平。

关键词: 冬小麦; 氮肥; 产量; 蛋白质组分; 一次性施肥

中图分类号: S512.1⁺1; S143.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-7601(2007)02-0045-05

华北地区是我国小麦主产区, 不断提高该地区小麦产量以及籽粒品质对我国粮食生产具有战略意义。由于传统的一些小麦高产技术体系存在严重的弊端, 即仅把水肥作为高产的手段, 追求高投入、高产出。例如: 在水分管理上, 传统的小麦高产栽培通常是以满足小麦各生育时期的生理需水为基础的, 因此生产中常出现在小麦生育期间灌水 4~6 次, 灌水量超过 300 mm, 甚至 400 mm 的情况。尽管近年来, 随着水资源的减少和节水技术的发展, 麦田灌水量已有一定程度下降, 但在高产麦区通常仍要在播种后浇水 3~4 次, 灌水量 200 mm 以上, 水分利用效率并没有明显提高。在肥料应用上, 高产麦田氮肥投入量居高不下, 氮肥的利用率却很低 (30%~40% 或更低), 大量化学氮肥逸出 (或损失) 到周围环境中。因此, 节水、省肥、高产、高效的统一是水资源严重缺乏的黄淮海地区小麦生产可持续发展的必然要求。“八五”期间, 中国农业大学在河北吴桥试验站研究建立了“冬小麦节水高产技术体系”^[1], 在浇好底墒水的基础上, 生育期内浇 1~2 水 (拔节水或拔节水+开花水), 产量可达 6 000~7 500 kg/hm^2 , 水分利用效率 1.5 kg/m^3 以上, 实现了节水与高产的统一。

不少研究表明, 小麦生育期间施氮能改善籽粒蛋白质状况, 小麦生育后期施氮仍具有增产作用。贾振华等^[2]研究表明, 在底肥相同的条件下, 只施一次拔节肥时, 其籽粒蛋白质含量随拔节期施氮量的增加而递增, 而施氮量越多增长幅度越小。但多数研究是在水分充足的条件下, 来研究施氮量、施氮

时期对小麦产量和蛋白质含量的影响^[2~4]。本文在河北省较干旱地区在冬小麦节水高产技术体系基础之上来研究氮素一次性施入与不同底追比例对强筋和中筋小麦籽粒品质和产量的影响, 希望能够为制定专用小麦的优质、高产、高效栽培技术提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于 2003~2004 年在河北省吴桥县中国农业大学实验站进行。试验区属海河平原黑龙港流域中部, 位于北纬 $37^{\circ}29'$ ~ $37^{\circ}47'$ 、东经 $116^{\circ}19'$ ~ $116^{\circ}42'$, 海拔 14~22 m, 暖温带季风气候, 历年平均年降水量 562 mm, 主要分布在 6~8 月份。播前 0~20 cm 土壤基础肥力为全氮 0.83 kg/kg , 磷 31.03 mg/kg , 钾 107.79 mg/kg , 有机质 13.77 g/kg 。供试品种为强筋麦济南 17 和中筋麦石家庄 8 号, 于 2003 年 10 月 19 日播种, 基本苗 6×10^6 株/ hm^2 。播种前浇足底墒水, 不浇冬水, 春灌 2 水 (拔节水+开花水), 每次灌水定额 75 mm, 3 次重复, 随机区组排列, 小区面积 48 m^2 。试验设施肥处理如表 1。

1.2 取样与测定方法

1.2.1 植株取样测定

小麦成熟时, 在各试验处理的每小区均选取两个 2 m^2 代表性样点, 单独收割、晾晒, 脱粒测产。实测籽粒产量按 13% 籽粒含水量进行校正。同时, 每小区选取具有代表性的 50 cm 典型样段带回室内, 进行常规考种。

收稿日期: 2006-09-22

基金项目: 国家粮食丰产工程项目 (2004BA520A12-4)

作者简介: 张霞 (1972~), 女, 河南新乡人, 博士生, 主要从事作物生态生理研究。E-mail: yangymn@yahoo.com.cn。

* 通讯作者: 王志敏, E-mail: zhimin206@263.net。

表 1 限水条件下冬小麦不同施氮水平及氮肥运筹处理代号
Table 1 Code of different nitrogen fertilizer applied rates and method in winter wheat under water-saving

试验处理 Treatment	施氮量 Nitrogen rate (kg/hm ²)	施肥时期 Time of N application	
		播前 Before sowing	拔节期 Jointing
A	157.5	157.5	0
B	157.5	88.5	69
C	226.5	157.5	69
D	226.5	88.5	138
E	226.5	226.5	0
F	295.5	157.5	138

1.2.2 测定方法

(1) 植株样品全氮(%)含量的测定——半微量凯氏定氮法;

(2) 蛋白组分的测定:采用连续提取法提取^[5],用半微量凯氏定氮法测定。

1.2.3 相关的计算方法

水分利用效率=实测产量/耗水量
氮肥生产力=实测产量/施氮量

2 结果分析

2.1 不同氮肥运筹对小麦产量及吸氮量等的影响
从表 2 可以看出,中筋麦石家庄 8 号产量明显

高于强筋麦济南 17,两品种均为 D 处理产量最高。就 A、B 两处理看,节水省肥条件下等量氮肥分次施用与一次性底施产量差异不显著,但两品种均为一次性基施产量高于分次施用;C、D、E 三处理施氮肥量在 A 基础上增加 43.8%,其中 D 处理拔节期追施 60%产量最高,其次是 E 处理一次性底施,C 处理拔节期追施 30%产量最低;F 处理施氮肥在 A 的基础上增加 87.6%,但产量反而有所下降。总体来看,各处理小麦产量的变化不大,同一品种各处理产量差异均不显著。

小麦植株总吸氮量(除 C 处理外)随施氮量的增加而增加,但氮肥生产力却随施氮量的增加而显著降低。从不同的处理看,施氮量 157.5 kg/hm² 时,A 处理一次性底施吸氮量低于 B 处理分次施肥,但 A 处理氮肥生产力大于 B 处理;施氮量 157.5 kg/hm² 时 C、D、E 三处理总吸氮量依次增加,氮肥生产力则表现为 C<E<D 处理;F 处理施氮量最多,其总吸氮量也是最高,但氮肥生产力则最低。对于耗水量与水分利用效率,两品种表现不一致,石家庄 8 号表现为随施氮量的增加耗水量呈增加的趋势,同时水分利用效率下降。济南 17 除 E 处理外,施氮肥量 226.5 kg/hm² 水分利用效率较高,A、B、F 处理差异不大。

表 2 不同施肥处理对小麦产量、氮肥生产力、水分利用效率结果的影响
Table 2 Yield and nitrogen productivity, water use efficiency of water-saving winter wheat under different applied rates and methods of nitrogen fertilizer

品种 Variety	处理 Treatment	产量 Yield (kg/hm ²)	吸氮量 Nitrogen accumulation (kg/hm ²)	氮肥生产力 Nitrogen productivity (kg/kg)	水分利用效率 Water use efficiency (kg/m ³)
石家庄 8 号 Shijiazhuang 8	A	8124 _a	178.05 _a	51.58 _A	1.86 _a
	B	8076 _a	178.65 _a	51.28 _A	1.87 _a
	C	7899 _a	174.60 _a	34.87 _B	1.83 _a
	D	8142 _a	180.15 _a	35.95 _B	1.83 _a
	E	8093 _a	182.40 _a	35.73 _B	1.83 _a
	F	8070 _a	199.20 _a	27.31 _C	1.78 _a
济南 17 Ji'nan 17	A	7935 _a	181.80 _b	50.38 _A	1.82 _{ab}
	B	7580 _a	202.35 _b	48.12 _A	1.81 _{ab}
	C	7638 _a	200.70 _b	33.72 _B	1.89 _a
	D	7991 _a	207.00 _b	35.28 _B	1.91 _a
	E	7854 _a	232.35 _a	34.68 _B	1.75 _b
	F	7880 _a	233.40 _a	26.66 _C	1.82 _{ab}

注:同一列不同小写字母表示 0.05 显著水平,不同大写字母表示 0.01 显著水平,下同。
Note: in the same column, data with different small letters and capital letters indicates significant difference at 0.05 and 0.01 probability level, respectively, the same as below.

2.2 不同氮肥运筹对小麦籽粒蛋白质含量及蛋白组分的影响

2.2.1 不同氮肥运筹对小麦籽粒粗蛋白质含量的

影响 从表 3 可以看出品种之间济南 17 粗蛋白含量显著高于石家庄 8 号,同一品种强势粒粗蛋白含量显著高于弱势粒。同一品种内粗蛋白含量分析结

果可知,除济南 17 弱勢粒各处理之间含量差异显著外,其它籽粒各处理间粗蛋白含量均不显著。对于济南 17 氮肥分次施用粗蛋白含量高于一次性基施(A<B,E<C、D),可见,强筋麦济南 17 受后期追施氮肥影响提高了籽粒粗蛋白含量,并且随施氮量增加而升高,但就强势粒而言各处理之间差异并不显著。而石家庄 8 号在施氮量 157.5 kg/hm² 时氮肥

分施小于一次施底施(A>B),在施氮量 226.5 kg/hm² 时拔节期追肥提高了籽粒粗蛋白含量(D>E)。因此可以看出在 A 处理一次性底施的基础上分别增施 43.8%(C、D、E 处理)、86.7%(F 处理)氮肥可以提高籽粒粗蛋白含量,但差异并不显著;同时等量氮肥分次施用(拔节期追肥)也可以一定程度地提高籽粒粗蛋白含量,但差异同样不显著。

表 3 不同施肥处理小麦籽粒粗蛋白含量结果

Table 3 Protein content of water-saving winter wheat under different nitrogen fertilizer applied rates and methods				
处理 Treatment	济南 17 Ji 'nan 17		石家庄 8 号 Shijiazhuang 8	
	强势粒 Superior kernel	弱勢粒 Inferior kernel	强势粒 Superior kernel	弱勢粒 Inferior kernel
A	12.255 _a	11.488 _b	11.271 _a	10.360 _a
B	12.538 _a	11.548 _b	11.266 _a	10.272 _a
C	12.588 _a	11.691 _b	11.272 _a	10.232 _a
D	12.824 _a	12.266 _a	11.627 _a	10.465 _a
E	12.681 _a	11.583 _b	11.229 _a	10.284 _a
F	12.905 _a	12.033 _a	11.077 _a	10.502 _a
平均 Mean	12.632 _A	11.768 _B	11.290 _C	10.352 _D

2.2.2 不同氮肥运筹对冬小麦籽粒蛋白组分含量的影响 从表 4 可知济南 17 籽粒不同蛋白质组分含量依次为谷蛋白>醇溶蛋白>清蛋白>球蛋白,强势粒清蛋白含量高于弱勢粒,球蛋白则相反,对于与籽粒品质密切相关的醇溶蛋白和谷蛋白强势粒与

弱勢粒差异不明显。方差分析结果显示强势粒蛋白各组分、谷/醇比以及弱勢粒谷蛋白、谷/醇比各处理差异均不显著,弱勢粒清蛋白、球蛋白、醇溶蛋白含量受施氮量影响各处理差异显著。但强势粒醇溶蛋白、谷蛋白含量有随施氮量增加而增加的趋势。

表 4 不同施肥处理对成熟期小麦籽粒蛋白组分含量变化的影响

Table 4 Protein components of winter wheat under different nitrogen fertilizer applied rate and methods at harvest										
处理 Treatment	强势粒 Superior kernel					弱勢粒 Inferior kernel				
	清蛋白 Albumins	球蛋白 Globulins	醇溶蛋白 Glidins	谷蛋白 Glutelins	谷/醇 Glu/gli	清蛋白 Albumins	球蛋白 Globulins	醇溶蛋白 Glidins	谷蛋白 Glutelins	谷/醇 Glu/gli
济南 17 Ji 'nan 17										
A	2.864 _a	0.855 _a	2.852 _a	4.039 _a	1.42 _a	2.617 _c	1.200 _a	2.978 _b	3.977 _a	1.34 _a
B	2.844 _a	0.866 _a	2.870 _a	3.975 _a	1.38 _a	2.817 _{ab}	1.063 _b	2.974 _b	4.277 _a	1.44 _a
C	2.772 _a	0.900 _a	2.919 _a	4.003 _a	1.37 _a	2.720 _{bc}	1.049 _b	2.776 _b	4.197 _a	1.51 _a
D	2.807 _a	0.904 _a	3.072 _a	4.206 _a	1.37 _a	2.678 _c	1.074 _b	3.124 _{ab}	4.235 _a	1.36 _a
E	2.807 _a	0.856 _a	3.052 _a	3.992 _a	1.31 _a	2.578 _c	1.038 _b	2.858 _b	4.005 _a	1.40 _a
F	2.835 _a	0.853 _a	3.105 _a	4.218 _a	1.36 _a	2.877 _a	1.092 _b	3.182 _a	3.995 _a	1.26 _a
平均 Mean	2.822	0.872	2.979	4.072	1.37	2.714	1.086	2.982	4.114	1.38
石家庄 8 号 Shijiazhuang 8										
A	3.585 _a	0.987 _a	2.742 _{bc}	3.604 _a	1.31 _a	3.470 _a	1.026 _a	2.342 _b	3.084 _a	1.32 _a
B	3.521 _a	0.985 _a	2.682 _c	3.620 _a	1.35 _a	3.371 _a	1.151 _a	2.235 _b	3.063 _a	1.37 _a
C	3.659 _a	0.997 _a	2.776 _b	3.620 _a	1.30 _a	3.117 _a	1.248 _a	2.421 _{ab}	2.815 _a	1.16 _b
D	3.644 _a	0.998 _a	2.739 _{bc}	3.661 _a	1.34 _a	3.204 _a	1.141 _a	2.356 _b	3.125 _a	1.33 _a
E	3.552 _a	0.975 _a	2.869 _a	3.542 _a	1.23 _a	3.284 _a	1.157 _a	2.362 _b	2.950 _a	1.25 _{ab}
F	3.581 _a	0.972 _a	2.824 _{ab}	3.611 _a	1.28 _a	3.125 _a	1.173 _a	2.592 _a	2.838 _a	1.10 _b
平均 Mean	3.590	0.986	2.772	3.610	1.30	3.262	1.149	2.385	2.979	1.25

从表 4 可知石家庄 8 号籽粒内不同蛋白质组分含量依次为谷蛋白>清蛋白>醇溶蛋白>球蛋白, 石家庄 8 号清蛋白、球蛋白含量明显高于济南 17, 醇溶蛋白和谷蛋白含量则明显低于济南 17。与济南 17 相似的是强势粒清蛋白含量高于弱势粒, 球蛋白强势粒低于弱势粒, 不同的是石家庄 8 号强势粒醇溶蛋白和谷蛋白显著高于弱势粒。方差分析结果显示强势粒清蛋白、球蛋白、谷蛋白、谷/醇比以及弱势粒清蛋白、球蛋白、谷蛋白、谷/醇比各处理差异均不显著, 而强势粒弱势粒醇溶蛋白含量均随施氮量显著增加。从变化趋势看, 谷/醇比值随施氮量增加而降低的趋势。

3 讨论

3.1 氮肥一次性基施与产量

关于小麦氮肥的施用问题, 前人已进行了大量的研究, 但目前在氮肥的施用量及时间分配上仍有争议。有研究者认为, 氮肥的分配应重前期, 轻中、后期。也有学者提出, 小麦生育前期不施氮或减少底氮用量, 拔节期重施氮肥。氮肥基施曾是我国一项传统的施肥措施。薛崧等^[6]研究表明, 旱地小麦氮肥适量一次施用, 可以促进小麦增产, 增强植物的抗旱性。石岩等^[7]在防雨棚池栽条件下研究了土壤水分胁迫对冬小麦氮素分配利用及产量的影响, 认为旱作麦田应重视底肥的施用。吕殿青^[8]也认为, 在陕西黄土高原地区, 由于春旱比较严重, 冬小麦春追氮肥, 往往效果很低, 故主张在播种前实行氮磷肥一次深施, 其试验表明, 一次性施肥比分次施肥可增产 10%~15%, 氮肥利用率可提高 10%~20%, 氮肥损失量可减少 20%~25%。吕殿青^[8]认为在陕西黄土区小麦氮肥一次深施之所以能够增产, 是由于土壤质地比较粘重、小麦生育期气候比较干旱、降水量和灌水量前期少后期多、一次深施的供氮能力前期丰富后期低稳、小麦的需氮规律是在前期多后期少等条件的相互抑制、相互促进的综合作用下, 使一次深施比分次施减少了 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的深层淋洗损失和 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的挥发损失, 并能满足小麦生理营养的要求, 从而提高氮肥利用率和增强土壤氮的吸收, 为小麦高产创造了条件。总结和借鉴旱地(雨养)农业中小麦施肥经验, 华北平原水浇地冬小麦节水高产栽培中提出“氮素前移”或“氮肥一次性基施”, 更符合节水农业发展的趋势。试验结果表明, 节水栽培条件下, 2003/2004 年属于平水年份(小麦季降水 109.3 mm), 冬小麦施氮在 157.5 kg/hm^2 基础上增施氮肥并没有显著提高产量, 施氮

越多, 氮肥生产力越低; 在经济施氮水平(157.5 kg/hm^2)下, 氮肥全部基施的产量与分次施用无明显差异。因此可以认为冬小麦在节水栽培条件下, 施氮水平在 157.5 kg/hm^2 , 并且氮肥一次性基施即能达到高产的目的。

3.2 蛋白质组分

小麦籽粒蛋白质通常依据其溶解性分为清蛋白(albumins)、球蛋白(globulins)、醇溶蛋白(gliadins)和麦谷蛋白(glutelins)。清蛋白和球蛋白赖氨酸含量较高, 因此二者的营养价值较高, 主要分布在籽粒的胚和糊粉层中, 属于结构型蛋白。醇溶蛋白和麦谷蛋白主要存在于淀粉体中, 为贮藏型蛋白, 是小麦面筋的主要成分, 与食品加工品质密切相关。麦谷蛋白和醇溶蛋白的含量, 直接影响到小麦的加工品质。所以籽粒蛋白质含量和组分是小麦营养品质和加工品质的主要决定因素。

尽管籽粒蛋白组成主要决定于基因型, 但也受环境因子及二者交互作用的显著影响。氮素是小麦生长发育必需的营养元素, 是蛋白质的主要成分。关于氮肥用量对籽粒蛋白质各组分含量的影响前人已有较多研究, 但结论不一。彭永欣^[9]等研究认为, 籽粒蛋白质各组分含量均随施氮量的增加而增加, 醇溶蛋白和谷蛋白含量的增加幅度大于清蛋白和球蛋白。Triboulet E. 等^[10]在法国中部 Clermont-Ferrand 的雨养地区进行的试验结果认为麦醇溶蛋白和麦谷蛋白的积累受氮肥影响显著提高, 而结构蛋白(清蛋白和球蛋白)受影响很小。同样有研究认为施肥引起的蛋白含量的提高常引起麦醇溶蛋白含量的提高幅度较大, 而麦谷蛋白则提高幅度较小, 从而引起麦谷蛋白/麦醇溶蛋白比值降低^[11]。本试验是在我国黄淮海平原比较干旱的地区进行的, 历年平均全年降水量 562 mm, 2003/2004 年度冬小麦季降水 109 mm, 在春浇二水节水栽培条件下, 结果认为成熟期冬小麦籽粒蛋白组分中, 球蛋白、醇溶蛋白、麦谷蛋白则有随施氮量增加而含量增加的趋势, 这与前人的研究结果相一致^[3,4], 但下降或增加的量均较低, 不同施氮量之间以及等量氮肥一次性基施与分次施用成熟期蛋白组分含量差异并没有达到显著水平。

参考文献:

- [1] 兰林旺, 周殿玺. 小麦节水高产研究[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 1995.
- [2] 贾振华, 李 华, 姜子英. 施肥对小麦产量与品质形成影响的研究 II. 施氮量对产量与品质形成影响的研究[J]. 河南职技师

院学报, 1990, 18(3~4): 91—96.

[3] 王月福, 于振文, 李尚霞, 等. 施氮量对小麦籽粒蛋白质组分含量及加工品质的影响[J]. 中国农业科学, 2002, 35(9): 1071—1078.

[4] 王月福, 于振文, 李尚霞, 等. 土壤肥力对小麦籽粒蛋白质组分含量及加工品质的影响[J]. 西北植物学报, 2002, 22(6): 1318—1324.

[5] 李硕碧, 高 翔. 小麦高分子量谷蛋白亚基与加工品质[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001.

[6] 薛 崧, 吴小平, 冯彩平, 等. 不同氮素水平对旱地小麦叶片叶绿素和糖含量的影响及其与产量的关系[J]. 干旱地区农业研究, 1997, 15(1): 79—84.

[7] 石 岩. 土壤水分胁迫对冬小麦氮素分配利用及产量的影响[J]. 核农学报, 1999, 13(1): 27—33.

[8] 吕殿青. 陕西黄土区小麦氮肥一次性深施的理论依据与增产条件[J]. 中国农业科学, 1983, (5): 39—46.

[9] 彭永欣, 姜雪忠, 郭文善, 等. 氮素营养对小麦籽粒产量与品质调节效应的研究[A]. 彭永欣. 小麦栽培与生理[C]. 南京: 东南大学出版社, 1992. 127—158.

[10] Tribol E, Martre P, Tribol E, Blondel A M. Environmentally-induced changes in protein composition in developing grains of wheat are related to changes in total protein content[J]. Journal of Experimental Botany, 2003, 54: 1731—1742.

[11] Johansson E, Prieto-Linde M L, Svensson G, et al. Influences of cultivar, cultivation year and fertilizer rate on a mount of protein groups and amount and size distribution of mono and polymeric proteins in wheat [J]. Journal of Agricultural Science, 2003, 140: 275—284.

Effect of different fertilization way on yield and protein content of winter wheat under water-saving cultivation system

ZHANG Xia, LUO Yan-qing, ZHANG Sheng-quan, WU Yong-cheng, WANG Min, WANG Zhi-min
(China Agricultural university, Beijing 100094, China)

Abstract: Winter wheat Jinan 17 and Shijiazhuang 8 were used as plant materials to study the effects of rates (157.5, 226.5, 295.5 kg/hm²) and time of nitrogen application (basal nitrogen application before sowing, split nitrogen application before sowing and at jointing respectively) on yield, grain protein content, protein components content, nitrogen productivity and water use efficiency under water-saving cultivation system. The main results are as follows: The grain yield didn't significantly increase from 157.5 kg/hm² to 295.5 kg/hm² nitrogen level, or between basal nitrogen fertilizer and split nitrogen fertilizer at the same nitrogen level. The protein content and protein composition content were not significantly increased. The productivity of nitrogen and water use efficiency decreased from 157.5 kg/hm² to 295.5 kg/hm². The productivity of nitrogen was higher by basal fertilizer than by spit fertilizer at the 157.5 kg/hm² nitrogen level, but lower by basal fertilizer than by split fertilizer at 226.5 kg/hm² nitrogen level. The water use efficiency of Shijiazhuang 8 increased from 157.5 kg/hm² to 295.5 kg/hm², but there was no difference between different nitrogen fertilization ways at the same nitrogen level.

Keywords: winter wheat; nitrogen fertilizer; protein; protein composition; basal nitrogen fertilization