

# 肥料运筹对超高产小麦群体质量、根系分布、产量和品质的效应

赵广才<sup>1</sup>, 刘利华<sup>1</sup>, 张 艳<sup>1</sup>, 杨玉双<sup>1</sup>, 杨兆生<sup>2</sup>

(1. 中国农业科学院作物育种栽培研究所, 北京 100081; 2. 中国农业科学院棉花研究所, 河南 安阳 455112)

**摘要:** 在小麦超高产栽培条件下利用不同施肥量和不同施肥比例的处理, 研究了小麦群体质量、根系分布、子粒产量和品质。结果表明: 在超高产栽培条件下, 增施肥料, 群体生物量有所增加, 提出了超高产小麦适宜的生物量和叶面积系数的动态参考指标。根长密度随土层加深而逐渐减少, 增施肥料可以提高根长密度。根系平均直径以 0~ 10 cm 土层内最大, 增施肥料对根系平均直径的影响不大。根系的总表面积以 0~ 10 cm 土层内最大, 以下锐减。增施肥料可增加根总表面积, 施氮磷比例为 1: 1 时效果最好。不同土层内根系总长度所占比例差异很大, 其中 0~ 10 cm 土层占 50% 以上。增施肥料可以提高产量和品质, 其中以施氮磷钾比例 1: 1: 0.6 时效果最好。

**关键词:** 小麦; 群体质量; 根系分布; 产量; 品质

**中图分类号:** S512.106      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1000- 7091(2002)04- 0082- 05

在小麦生产栽培研究中, 合理施肥是重要内容之一, 国内外不少学者先后进行过很多研究<sup>[1~ 7]</sup>, 并取得不少有益的结果。本文针对小麦超高产栽培研究的现状, 从施肥数量和施肥比例两个方面, 研究其对超高产小麦群体质量动态指标、小麦根系分布状况、子粒产量和子粒蛋白质含量、沉降值等重要指标的影响, 以期在超高产栽培条件下的合理施肥、群体质量控制提供参考, 并为最终提高产量改善品质提供理论依据。

## 1 材料和方法

试验于 1998~ 1999 年在河南省卫辉市中国农科院作物所基点进行。试验地为重壤土, 前茬为玉米, 播前 0~ 20 cm 土壤养分含量为有机质 13.22 mg/g, 全氮 0.8 mg/g, 速效磷、速效钾含量分别为 26.64 mg/kg, 161.65 mg/kg。施肥处理见表 1。

各处理磷钾肥全部底施, 氮肥底追各半, 第 1 次追肥在雌雄蕊分化期, 占追肥总量的 2/3,

收稿日期: 2001- 08- 27  
基金项目: 国家“九五”重中之重科技攻关项目招标课题“小麦超高产形态生理指标与配套栽培技术体系研究”(95- 001- 02- 14)部分内容  
作者简介: 赵广才(1951- ), 男, 研究员, 主要从事作物栽培方面的研究工作。

表 1 施肥处理					kg/ hm <sup>2</sup>
处理代号	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N P K	
F1	300	300	135	1: 1: 0.45	
F2	300	207	135	1: 0.7: 0.45	
F3	300	207	180	1: 0.7: 0.6	
F4	300	300	180	1: 1: 0.6	
F5	360	360	162	1: 1: 0.45	
F6	360	252	162	1: 0.7: 0.45	
F7	360	252	216	1: 0.7: 0.6	
F8	360	360	216	1: 1: 0.6	

第2次追肥在齐穗期, 占追肥总量的1/3。试验于10月11日播种, 基本苗180万/hm<sup>2</sup>, 小区面积6.66 m<sup>2</sup>, 重复3次。出苗后每小区固定样点定期调查生长情况, 分期取样测定不同处理植株各器官氮素含量, 调查叶面积系数动态和群体质量变化, 于抽穗期用直径6.36 cm的根钻取样, 每10 cm为一层, 垂直向下取40 cm。用冲根器冲洗各层根系, 用扫描仪扫描根系并存储到计算机中, 用DT-SCAN分析软件计算出各层样品中根系的平均直径、总表面积、总根长、根长密度(单位体积土壤中的根长度)。成熟时拔取样点进行考种, 并按小区收获测定实产, 用半微量凯氏定氮法测定子粒蛋白质含量(N×5.7), 用微量SDS法测定子粒全粉的沉淀值。

2 结果与分析

2.1 肥料运筹对群体动态质量的影响

试验调查结果表明, 不同肥料处理对不同生长时期的群体质量均有一定影响, 高肥处理F5~F8均比低肥组F1~F4的群体质量有所增加。从表2可见, 生物量的积累, 高肥组比低肥组在起身拔节期(ZGS31, 即茎伸长, 可见第1节间)增加11.59%, 差异显著。其次为收获期, 增加4.5%, 差异显著。从生物量的动态变化看, 在3月8日(ZGS31)各处理的平均生物量为3 474~4 130 kg/hm<sup>2</sup>; 4月4日(ZGS34, 即可见第4节间)为8 174~8 462 kg/hm<sup>2</sup>; 4月24日(ZGS59, 即全部花序出现, 齐穗期)为11 512~12 052 kg/hm<sup>2</sup>, 收获期为20 104~21 930 kg/hm<sup>2</sup>, 这一指标, 可作为超高产小麦生物量控制指标的参考, 但不同品种之间会有一定的差异。从叶面积系数看, 3月8日各处理在5.1~5.5之间; 4月4日(分蘖两级分化期)达到高峰, 在10.5~10.9之间; 4月24日(齐穗期)降到9.1~9.5, 这一动态变化指标亦可作为超高产小麦叶面积控制指标的参考。本试验结果表明, 超高产小麦的叶面积动态指标比以往的高产小麦叶面积系数有较大提高<sup>[8]</sup>。

表2 肥料运筹对群体质量的影响

处理代号	ZGS31		ZGS34		ZGS59		成熟
	叶面积系数	生物量 (kg/hm <sup>2</sup> )	叶面积系数	生物量 (kg/hm <sup>2</sup> )	叶面积系数	生物量 (kg/hm <sup>2</sup> )	生物量 (kg/hm <sup>2</sup> )
F1	5.53	3 474	10.92	8 411	9.32	12 002	20 231
F2	5.14	3 633	10.60	8 243	9.51	11 512	20 104
F3	5.23	3 824	10.88	8 261	9.39	11 975	20 375
F4	5.22	3 536	10.52	7 724	9.11	12 106	20 842
F5	5.25	4 130	10.50	8 273	9.22	11 745	20 643
F6	5.23	3 887	10.48	8 207	9.32	11 984	21 331
F7	5.35	4 097	10.68	8 336	9.25	12 052	21 394
F8	5.28	3 963	10.43	8 462	9.24	12 024	21 930

注: ZGS 为 Zadoks 生长阶段

小麦生长中、后期调查, 在高肥和低肥处理中, 氮磷钾肥比例均以1:1:0.6和1:1:0.45的处理生物量较高, 可见在超高产栽培中增施磷肥对增加植株生物量有重要作用。在氮磷比例相同时, 增施钾肥亦有增加生物量的效应, 这一点在小麦超高产栽培中尤为重要。

2.2 不同肥料运筹对植株根系的影响

2.2.1 根长密度分布 从图1可见, 各处理均表现为随根层加深, 根长密度逐渐减少, 而在0~10 cm土层内, 根长密度平均为10~20 cm土层内的2倍, 是20~30 cm土层内的3.7倍, 是

30~ 40 cm 土层内的 6.1 倍, 即 0~ 10 cm 土层内的根系总长度是 10~ 40 cm 土层内根系总长度的 1 倍以上。从施肥处理看, 高肥组比低肥组根长密度大, 而在浅层土壤中更为明显, 这与肥料施的较浅(主要在 0~ 20 cm 土层内) 有关, 也可以看出小麦超高产栽培中增施肥料对增加根系是有利的。从施肥比例分析, 除 10~ 20 cm 土层不太规律外, 其余均以氮磷钾比例为 1: 1: 0.6 的处理根长密度较大, 表明在超高产栽培中这一施肥比例对增加根系是有效的。

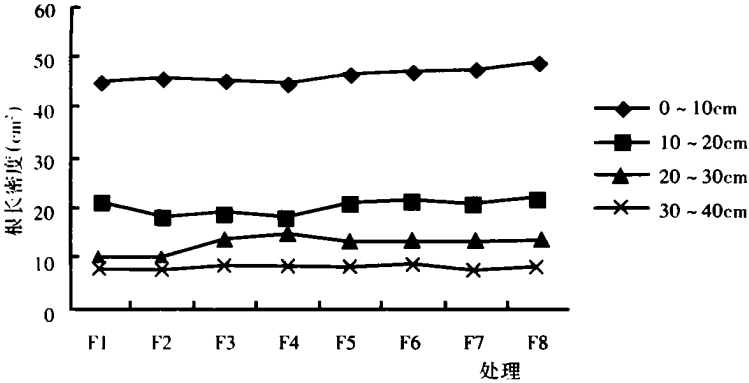


图 1 不同土层各处理根长密度分布

2.2.2 根系直径比较 从图 2 可见, 各处理均以 0~ 10 cm 土层根系平均直径最大, 分别为其余 3 个土层根系直径的 1.72~ 1.86 倍。10 cm 以下随土层加深根直径渐小, 但差异不大。

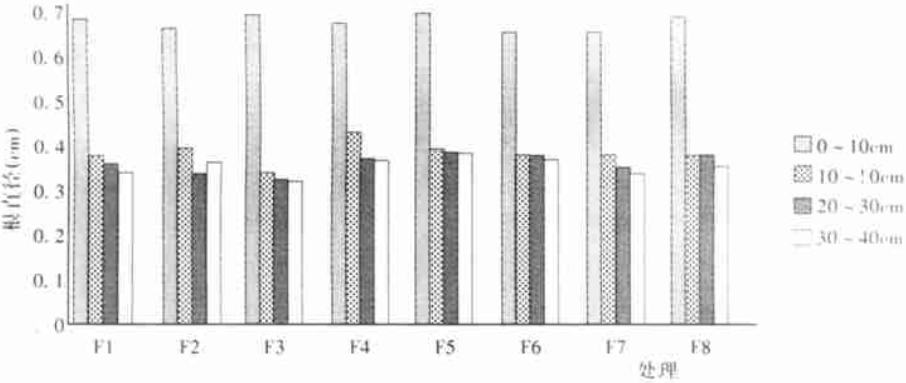


图 2 不同土层各处理根直径比较

从各处理分析, 高肥组与低肥组的根直径无明显差别, 只是在 20~ 30 cm 和 30~ 40 cm 土层内有所增加。在不同施肥比例中, 氮磷为 1: 1 处理的根直径比其他处理略有增加。增施肥料后根量有所增加而平均根直径却变化不大, 其原因有待进一步研究验证。

2.2.3 根表面积比较 根系的表面积随土层加深而逐渐减少, 其中 0~ 10 cm 土层的根表面积最大, 约占 0~ 40 cm 根总表面积的 66%, 10~ 20 cm 土层锐减到仅占总表面积的 18%, 以下各层间变化趋缓(图 3)。0~ 10 cm 土层的根表面积是 10~ 40 cm 土层根表面积的 1.93 倍, 其中分别是 10~ 20 cm 土层的 3 倍, 是 20~ 30 cm 土层的 6.7 倍, 是 30~ 40 cm 土层的 11 倍。从不同施肥量处理来分析, 高肥组的根表面积平均高于低肥处理, 从施肥比例分析, 以氮磷比例 1: 1 时根表面积较大, 同样证明了小麦超高产栽培中增施磷肥对根系发育的重要性。

2.3 不同肥料运筹对产量和品质的影响

从表3可见, 不同肥料运筹在小麦超高产栽培中对产量有显著效果, 其中以F8处理产量最高, 显著高于F1, F2, F3, F4和F6处理。从施肥量分析, 高肥组比低肥组平均增产7.53%; 从施肥比例看, 以氮磷钾比例为1: 1: 0.6的处理增产效果最好。在氮钾相同时施磷肥多的4个处理均比施磷肥少的增产, 在氮磷相同时, 施钾肥多的4个处理均比施钾肥少的增产, 表明在超高产栽培时, 合理增加氮磷钾肥均有明显增产效果。

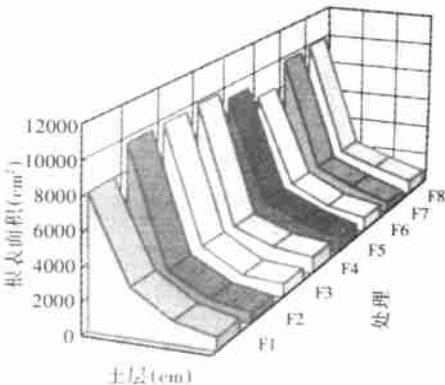


图3 不同土层各处理根表面积比较

表3 不同处理对产量和品质的影响

处理代号	产量(kg/hm <sup>2</sup> )	蛋白质含量(%)	沉降值(mL)
F1	8 716.2 c	12.14 c	14.1
F2	8 550.0 c	12.48 bc	13.5
F3	9 025.5 c	12.35 bc	16.8
F4	9 428.5 b	13.28 abc	15.5
F5	9 571.3 ab	12.80 abc	14.1
F6	9 428.5 b	13.00 abc	14.5
F7	9 500.0 ab	13.50 ab	16.8
F8	9 908.8 a	14.00 a	14.8

从子粒蛋白质含量分析, 高肥组比低肥组平均增加0.765个百分点, 其中以F8的子粒蛋白质含量最高, 显著高于F1, F2和F3, 分别比这3个处理高1.86, 1.52和1.65个百分点。试验表明, 在小麦超高产栽培中, 增施氮肥对提高子粒蛋白质含量是十分有效的。在氮磷相同时增施钾肥使子粒蛋白质含量平均增加0.675个百分点, 在氮钾相同时, 增施磷肥对子粒蛋白质含量的影响不稳定, 有待进一步研究。

沉降值是反映面粉中面筋含量与质量的综合指标, 该值大小与面包的烘焙品质密切相关。在本试验中, 增施肥料并未明显改变沉降值, 而从施肥比例分析, 表现为氮磷钾比例为1: 0.7: 0.6时沉降值最高, 其次为1: 1: 0.6的处理, 另两种施肥比例的处理, 沉降值接近, 有待进一步研究。

3 讨论

小麦群体质量是反映小麦群体本质特征的数量指标, 包括多项有关群体形态生理指标。本文重点讨论了超高产小麦不同处理各主要生育期的生物量和叶面积系数, 试验结果与过去的高产田相比, 生物量和叶面积系数有很大提高。叶面积是小麦光合产物的主要光合供给源, 产量和开花后的叶面积有密切的相关<sup>[1]</sup>, 因此叶面积系数的合理控制是小麦高产栽培研究的重要内容之一, 过去认为在一般高产栽培中, 小麦最大叶面积系数在7.0左右, 但在超高产栽培中最大叶面积系数远远超过这一数值。本研究中, 在分蘖两级分化期, 叶面积系数达到10.5左右,

与季书勤<sup>[7]</sup>的研究结果相似,但品种之间仍有很大差异。本文还提出了超高产小麦主要生育期叶面积系数的动态指标,也可做为超高产栽培研究及生产中的叶面积控制参考指标。生物量与产量也有重要关系,以往多研究收获期的生物量与产量的关系,本研究提出了超高产小麦各主要生育阶段生物量动态指标,为进一步开展超高产小麦栽培研究提供参考。

马元喜<sup>[9]</sup>对小麦根系研究的比较深入,他们研究了小麦根系的发生、分化、基本功能及环境条件对根系的影响等,我们则采用先进的仪器测定不同土层及不同处理的根系分布、直径、表面积等有关指标;从不同侧面研究环境对根系的影响。杨兆生等<sup>[10]</sup>曾用同样方法测定过不同类型品种小麦根系的分布状况,其中不同土层中的根系分布趋势与我们的试验结果相似,但我们的试验则研究了不同施肥处理的根系状况,结果表明在小麦超高产栽培中增施肥料对根系发育有良好影响,而施氮、磷、钾比例为 1:1:0.6 时效果最好。马元喜报道在低磷地块,施用磷肥能显著促进根系生长,增加单株次生根数影响甚微,本研究在超高产条件下增施磷肥仍有较好的促进根系生长的效果,这就需要寻求在不同肥力条件下的适宜施磷量。

增施肥料对改善小麦品质已有很多研究<sup>[11,12]</sup>,但在超高产栽培条件下,增施肥料对品质的影响研究较少。本试验结果表明,增施肥料可显著提高子粒蛋白质含量,但从单种肥料因素分析,增施氮肥的效果最明显,增施钾肥的效果次之,增施磷肥的效果不稳定,其机理有待进一步探讨。肥料处理对沉淀值影响的研究较少,本研究中增施肥料对沉淀值无明显影响,但施肥比例对沉淀值有一定影响,仍有待进一步研究验证。

## 参考文献:

- [1] 山东农学院. 作物栽培学[M]. 北京: 农业出版社, 1980.
- [2] 张锦熙, 刘锡山. 小麦叶龄指标促控法管理体系[J]. 中国农业科学, 1987, 20(专辑): 21-26.
- [3] Hasan M A, Kamal A M A. Effect of fertilizer on grain yield and grain protein content of wheat[J]. Journal of the National Science Council of Sri Lanka, 1998, 26(1): 1-8.
- [4] Singh P K, Rafeq A. Response of wheat (*triticum aestivum*) to seeding date, nitrogen levels and seed rate[J]. Journal of Research, 1998, 10(1): 34-37.
- [5] Mishra R K, Pandey N, Pandey V K, et al. Effect of nitrogen and irrigation scheduling on biomass accumulation and net primary productivity in wheat[J]. Advances in Plant Sciences, 1998, 11(1): 99-103.
- [6] 李春喜, 姜丽娜, 李秀明, 等. 不同氮肥运筹对超高产小麦 NR 活性和产量的影响的研究[J]. 作物学报, 1998, 24(6): 847-853.
- [7] 赵广才, 张保明, 王崇义. 不同类型高产小麦氮素积累及施氮对策探讨[J]. 作物学报, 1998, 24(6): 894-898.
- [8] 季书勤, 赵淑章, 王绍中, 等. 温麦 6 号小麦 9 000 kg/hm<sup>2</sup> 若干群体质量指标研究初报[J]. 作物学报, 1998, 24(6): 865-869.
- [9] 马元喜. 小麦的根[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999.
- [10] 杨兆生, 闫素红, 王俊娟, 等. 不同类型小麦根系生长发育及分布规律的研究[J]. 麦类作物学报, 2000, 20(1): 47-52.
- [11] 赵广才. 冬小麦子粒发育中蛋白质和氨基酸含量的变化及喷氮效应的研究[J]. 中国农业科学, 1989, 22(5): 25-34.
- [12] 石惠恩, 陈天房, 茹德平, 等. 施用氮肥对冬小麦产量和品质的影响[J]. 河南职业技术学院学报,

1989, 17(3~4): 89- 93.

## Effect of Fertilizer Application on Population Quality, Root System Distribution, Grain Yield and Quality in Super-high yielding Wheat

ZHAO Guang-cai<sup>1</sup>, LIU Li-hua<sup>1</sup>, YANG Ya-shuang<sup>1</sup>, ZHANG Yan<sup>1</sup>, YANG Zhao-sheng<sup>2</sup>

(1. Institute of Crop Breeding and Cultivation, CAAS, Beijing 100081, China;

2. Cotton Research Institute, CAAS, Anyang 455112, China)

**Abstract:** Wheat population quality, root system distribution, grain yield and quality were studied under different fertilizer application treatment in the condition of super-high-yielding wheat cultivation. The result showed that wheat population and biomass increased by adding fertilizer application. The root length density decreased as the solum deepening. The root length density increased by adding fertilizer application. The mean root diameter was biggest in 0- 10 cm solum, but it had little effect when adding fertilizer application. The root surface area was biggest in 0- 10 cm solum, but decreased sharply with the solum deepening. Root area increased by adding fertilizer application and the effect was best when N: P was 1: 1. The total root length differed very much in different solum and it was over 50% in 0- 10 cm solum. Grain yield and quality increased by adding fertilizer application and the effect was best when N: P: K was 1: 1: 0.6.

**Key words:** Wheat; Population quality; Root system distribution; Grain yield; Quality