

# 氮肥对小麦产量及品质的效应

吕宝顺<sup>1</sup>, 王明霞<sup>1</sup>, 高玉峰<sup>1</sup>, 隋建村<sup>2</sup>

(1. 山东省东营市东营区农业农村局, 山东 东营 257100;

2. 山东省东营市东营区牛庄镇农业综合服务中心, 山东 东营 257086)

**摘要:**在山东东营选择当地主推品种烟农 1212, 在平衡施肥基础上, 研究了不同氮肥用量对其产量和品质的效应, 以期丰富该品种的栽培管理技术。结果表明: 氮肥可显著提高小麦产量, 增产 5.5%~12.5%; 成穗数增加 7.3%~17.0%, 穗粒数增加 3.5%~8.0%, 对千粒重影响不大。氮肥可增加小麦株高 3.8~6.6 cm, 不孕小穗数显著降低 21.1%~55.8%; 但对穗长、小穗数及每个小穗结实粒数没有显著影响。氮肥可显著促进个体生长发育进程, 叶龄较对照增加 0.4~1.3, 单株次生根增加 1.0~2.4 条, 单株分蘖数增加 0.7~3.4 个, 单株 II 级分蘖较 I 级分蘖多 44.4%~55.5%。氮肥可提高小麦籽粒蛋白质含量 2.8% 和湿面筋含量 13.4%; 籽粒硬度、稳定时间、最大拉升面积、最大拉升阻力和延展性分别较对照提高 5.1%、21.8%、11.2%、3.3% 和 3.9%; 对籽粒容重、沉降值和吸水率没有显著影响。综合分析, 当地适宜肥料用量为纯氮 225 kg/hm<sup>2</sup>, 磷肥 (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 120 kg/hm<sup>2</sup>, 钾肥施 (K<sub>2</sub>O) 90 kg/hm<sup>2</sup>。

**关键词:**小麦; 施肥; 产量; 品质

**中图分类号:** S512.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 0488-5368(2022)05-0007-05

## Effect of Nitrogen Fertilizer on Yield and Quality of Wheat

LU Baoshun<sup>1</sup>, WANG Mingxia<sup>1</sup>, GAO Yufeng<sup>1</sup>, SUI Jiancun<sup>2</sup>

(1. Dongying District Bureau of Agriculture and Rural Affairs, Dongying, Shandong 257100, China;

2. Agricultural Comprehensive Service Centre of Niuzhuang Town, Dongying District, Dongying, Shandong 257086, China)

**Abstract:** Mainly-planted wheat variety Yannong 1212 in Dongying of Shandong was selected to study the effects of different nitrogen application rates on yield and quality based on balanced fertilization, which is expected to enrich its cultivation and management techniques. The results showed that different nitrogen levels could significantly increase wheat yield by 5.5%~12.5%. The number of panicle was increased by 7.3%~17.0% and the number of wheat per panicle was increased by 3.5%~8.0%. Nitrogen fertilizer could increase wheat plant height 3.8-6.6cm and significantly reduce the number of sterile spikelets by 21.1%~55.8%. But there was no significant effect on spike length, spikelet number and wheat number per spikelet. Nitrogen fertilizer significantly promoted individual growth and development process, leaf age was increased by 0.4~1.3, secondary roots were increased by 1.0~2.4 per plant, tiller number was increased by 0.7~3.4 per plant, and tiller number of grade II per plant was increased by 44.4%~55.5% compared with that of grade I. The protein content and wet gluten content of wheat grains were increased by 2.8% and 13.4%, respectively. Grain hardness, stability time, maximum elongation area, maximum elongation resistance and ductility were significantly increased by 5.1%, 21.8%, 11.2%, 3.3% and 3.9% compared with the control, respectively. It had no significant

收稿日期: 2021-12-29 修回日期: 2022-01-15

基金项目: 2019 年中央财政农业生产发展资金(20190404)。

第一作者简介: 吕宝顺(1965-), 男, 山东莱阳人, 高级农艺师, 主要从事农业技术推广。

effect on grain bulk density, settlement value and water absorption. Comprehensive analysis showed that the suitable fertilizer dosage was 225 kg/hm<sup>2</sup> of pure nitrogen, 120 kg/hm<sup>2</sup> of phosphate fertilizer (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) and 90 kg/hm<sup>2</sup> of potassium fertilizer (K<sub>2</sub>O)

**Key words:** Wheat; Fertilization; Yield; Quality

肥料是小麦的粮食。施肥可显著提高小麦产量及产量构成要素<sup>[1~8]</sup>。肥料配施的增产作用显著高于单施,随着施肥量的增加,肥料的增产幅度呈增加趋势<sup>[1,7~10]</sup>,化肥配施的增产效果更为显著<sup>[1,7~12]</sup>。不同施肥水平及氮肥基追比例条件下,籽粒产量均随施肥水平的提高和氮肥追施比例的增加而提高<sup>[1,11~12]</sup>。增施磷肥和钾肥可显著提高冬小麦产量<sup>[1,9,13]</sup>。施肥是改善小麦产量和品质最为重要的措施,施肥对品质有显著的效应<sup>[1~2,4,10~17]</sup>。东营市是黄河三角洲高效生态经济区的中心城市,耕地面积 22.92 万 hm<sup>2</sup>,小麦是东营市的主要粮食作物,2018—2020 三年种植面积一直在 10 万 hm<sup>2</sup> 以上,平均单产 6 016 kg/hm<sup>2</sup>,比山东省小麦平均单产(6 331 kg/hm<sup>2</sup>)低了 5.2%。单产水平不高,品质差异也较大。如何提高单产,保障总产稳定,优化质量结构是我市粮食生产工作的重点。为此我们选择目前主推品种烟农 1212,研究不同氮肥用量对其产量和品质的效应,完善其高产调优栽培技术,为该品种推广提供技术支撑。

## 1 试验设计与方法

### 1.1 试验地点

试验在山东省东营市东营区牛庄镇穗东家庭农场进行,海拔 4 m。年日照 2 623 h,年降雨量 555.9 mm,年平均温度 12.8℃。试验地土壤类型为潮土,土壤质地为壤土,前茬作物为玉米,试验材料为烟农 1212,从当地市场购买。试验地播前土壤有机质含量 13.5 g/kg,速效氮含量 52.2 mg/kg,速效磷含量 10.75 mg/kg,速效钾含量 115.4 mg/kg,有效铜含量 2.7 mg/kg,有效铁含量 11.1 mg/kg,有效锌含量 1.1 mg/kg,有效锰含量 11.5 mg/kg,pH 8.55。

### 1.2 试验设计与方法

试验共设 4 个处理,3 个重复,每个小区 100 m<sup>2</sup>,随机排列。试验地底肥施磷肥(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)120 kg/hm<sup>2</sup>,施钾肥(K<sub>2</sub>O)90 kg/hm<sup>2</sup>。处理 1 为高氮水平,施纯氮 240 kg/hm<sup>2</sup>;处理 2 为中氮水平

(调查 3 个乡镇群众施氮肥水平)纯氮 225 kg/hm<sup>2</sup>;处理 3 为低氮水平,即纯氮 150 kg/hm<sup>2</sup>;处理 4 为不施肥(CK)。氮肥 60%作底肥,40%拔节期追肥,磷钾肥全部作底肥。磷肥肥源为二铵,氮肥用尿素,钾肥用硫酸钾,均从当地市场购买。

主要调查指标及主要仪器:在越冬期、拔节期和成熟期分别调查群体数量及个体叶龄、单株次生根和分蘖数量,成熟期每个小区取 3 个样点,每个样点取 20 个穗子测定株高、穗粒数、小穗数、不孕小穗数、穗长,收获时每个小区收获 6 m<sup>2</sup>,用于测产和测定千粒重及籽粒品质。采用德国赛多利斯集团生产的 Sartorius PMD511-00U 近红外品质分析仪进行测定小麦籽粒品质,其主要指标包括容重(g/L)、籽粒硬度(%)、湿面筋含量(%)、蛋白质含量(%)、沉降值(mL)、吸水率(%)、稳定时间(min.)、最大拉伸面积(cm<sup>2</sup>)、延展性(mm)和最大拉升阻力(B.U)。

### 1.3 试验主要管理技术措施及数据处理方法

试验于 2019 年 10 月 10 日采用条播播种。播种量 150 kg/hm<sup>2</sup>。2019 年 12 月 2 日化学除草。2020 年 3 月 24 日追施氮肥,4 月 23 日进行一喷三防。2020 年 6 月 13 日收获。2020 年 3 月 8 日进行春灌,灌水量 120 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>。其它管理措施同大田。试验数据用 Excel 进行处理。

## 2 试验结果

### 2.1 施肥对小麦产量的影响

不同氮肥水平对小麦产量的效应见表 1。从表 1 中可以看出,处理较对照增产 5.5%~12.5%,表明施肥可显著提高小麦产量。不同施氮量处理之间产量差异显著。高氮处理产量最高,比中氮处理增产 2.0%,差异不显著;高氮处理比低氮处理增产 6.6%,中氮处理比低氮处理增产 4.5%。因此,当地适宜氮肥用量为 225 kg/hm<sup>2</sup>。

从表 1 产量构成因素比较可知,提高氮肥用量对产量构成因素均有影响,以成穗数变化最为显著,处理之间差异极显著,对穗粒数和千粒重也有

显著影响。从成穗数看,施肥可显著提高成穗数,增幅7.3%~17.0%;增施氮肥同样可显著提高成穗数,高氮处理较中氮提高7.7%,较低氮处理提高了9.0%,增穗效果极显著,中氮处理较低氮处

理提高了1.2%,差异不显著。这表明:一方面增施肥料可显著提高成穗数,另一方面也表明,磷钾肥一定的情况下,较大幅度提高氮肥有助于成穗数提高。

表1 施氮肥对小麦产量及其结构的效应

处理	成穗数( $\times 10^5/\text{hm}^2$ )	穗粒数(个/穗)	千粒重/g	产量( $\text{kg}/\text{hm}^2$ )	$\pm \text{CK}(\text{kg}/\text{hm}^2)$	$\pm \%$
高氮	604aA	30.1aA	51.8bA	8 061.7aA	897.8	12.5
中氮	561bB	31.1aA	53.4aA	7 902.7aA	738.8	10.3
低氮	554bB	31.4aA	51.1bA	7 560.8bA	397.0	5.5
CK	516cC	29.1bA	52.7aA	7 163.9bB		

注:表中大写和小写字母分别代表0.1%和0.5%水平下差异显著性。下表同。

施肥可显著提高穗粒数,增幅3.5%~8.0%;增施氮肥穗粒数降低,但差异不显著,降幅随着氮肥用量增大而增大。这表明:增施肥料可显著提高穗粒数,但穗粒数随着氮肥用量增加而减少。从千粒重看,施肥对其有一定影响,但无明显变化规律。中氮处理比对照高1.4%,高氮和低氮处理均显著低于对照,分别比对照低1.8%和3.0%。高氮处理的千粒重比中氮的低3.1%。

## 2.2 施肥对小麦穗部性状及株高的效应

施肥及不同氮肥用量对株高及穗部性状效应见表2。从表2调查数据及比较分析结果看,施肥及氮肥调节对小麦株高及不孕小穗数有显著影响。株高随施氮量的增加而增加,不孕小穗数随施氮量的增加而减小。施肥处理对穗长、小穗数及每个小穗结实粒数均有一定影响,但处理之间差异不显著。

表2 不同氮肥水平下株高与穗部性状比较

处理	株高/cm	穗长/cm	小穗数	不育小穗数(个/穗)	结实粒(个/小穗)
高氮	90.3aA	12.9 aA	22.3aA	2.3cC	1.35aA
中氮	89.8aA	12.9aA	22.4aA	3.1bB	1.39aA
低氮	87.5aA	13.0 aA	21.9aA	4.1bA	1.44aA
CK	83.7bA	12.8 aA	21.9aA	5.2aA	1.33aA

施肥处理株高显著高于对照,增加3.8~6.6 cm,增幅4.5%~7.9%,随着施氮量增加,增加幅度呈增加趋势。不同施氮处理,株高随施氮量增加而增加,增加2.3~2.8 cm,增幅2.6%~3.2%。高氮处理较中氮处理株高仅增加了0.5 cm。但处理间差异不显著。并表现出随施氮量的增加差异变小的趋势。施肥处理不孕小穗数极显著减少,减少1.1~2.9个/穗,减幅21.1%~55.8%,随着施氮量增加,减少幅度越大。不同施氮处理的不孕小穗数随施氮量增加而减少,减少1.0~1.8个/穗,减幅24.4%~43.9%,高氮处理较中氮处理不孕小穗数减少25.8%。处理间差异极显著。

处理穗长增加0.1~0.2 cm,增加幅

度0.7%~1.7%,处理之间差异不显著,同样处理之间小穗数差异不显著,施肥处理小穗数增加0.0~0.5个/穗,增加幅度0.0%~2.2%。每个小穗平均结实粒数增加1.6%~8.0%,处理间差异不显著。

## 2.3 施肥对个体质量的效应

施肥及氮肥对小麦个体质量有显著的影响。以越冬期和拔节期叶龄、单株次生根及单株分蘖变化为例,其效应见表3。从表3可知,施肥显著促进了个体生长发育进程,越冬期和拔节期主茎叶龄较对照分别增加0.4~1.3和0.6~1.3,增加幅度7.4%~24.1%和9.7%~21.0%。单株次生根数量显著增加,越冬期不同处理单株次生根增

加 1.0~2.4 条,增加幅度 15.2%~36.4%,以中氮水平处理效果最为显著;拔节期单株次生根增

加 2.4~6.2 条,增加幅度 10.8%~27.9%,同样以中氮处理增幅效果最为显著。

表 3 不同氮肥水平下个体质量比较

处 理	叶龄		次生根(条/株)		分蘖(个/株)		I级分蘖(个/株)		II级分蘖(个/株)	
	越冬期	拔节期	越冬期	拔节期	越冬期	拔节期	越冬期	拔节期	越冬期	拔节期
高氮	6.7aA	7.5aA	7.8bA	26.2bB	7.0aA	9.4aA	3.8aA	4.6aA	3.2aA	4.8aA
中氮	6.5aA	6.8aA	9.0aA	28.4aA	6.6aA	8.0aA	3.6aA	4.2aA	3.0aA	3.8aA
低氮	5.8bB	7.1aA	7.6bA	24.6bB	4.5bB	7.4bB	2.6bB	4.0aA	1.9bB	3.4bA
CK	5.4bB	6.2bB	6.6bB	22.2cC	3.8bB	6.0bB	2.4bB	3.4bA	1.4bB	2.6cB

从单株分蘖数量看,不同处理越冬期和拔节期单株分蘖数量增加 0.7~3.2 个和 1.4~3.4 个,增加幅度在 18.4%~84.2%和 23.3%~56.7%。这表明施肥和氮肥有显著的促蘖效果。从分蘖结构看,II级分蘖平均单株增加 1.3~1.4 个,较 I级单株平均分蘖增加了 0.4~0.5 个,增加幅度 44.4%~55.5%。这表明氮肥对 II级分蘖效应比对 I级分蘖的效应更为明显。就 I级分蘖看,越冬期比对照增加 8.3%~58.3%,拔节期增加 17.6%~35.3%;II级分蘖越冬期增加 35.7%

~128.6%,拔节期增加 30.8%~84.6%。也证明处理可显著增加单株小分蘖数量。

#### 2.4 施肥对品质的效应

施肥及氮肥调控对小麦烟农 1212 的品质效应见表 4。从表 4 可以看出,不同氮肥水平对小麦籽粒蛋白质含量和湿面筋含量有显著影响,处理间差异显著;对籽粒硬度、稳定时间、最大拉升面积、最大拉升阻力和延展性有极显著影响,处理之间差异极显著;对籽粒容重、沉降值和吸水率有影响,但处理之间差异不显著。

表 4 施肥对烟农 1212 小麦品种籽粒品质的效应比较

处 理	蛋白质 含量/%	容重 (g/L)	籽粒硬度 /%	湿面筋含 量/%	沉降值 /mL	吸水率 /%	稳定时间 /min	最大拉伸 面积	最大拉伸阻 力(B.U)	延展性 /mm
高氮	14.5aA	784aA	61.1aA	27.2aA	31.4aA	56.5aA	4.3aA	48.0aA	257.4aA	143.0aA
中氮	14.3aA	786aA	58.5bA	26.1aA	31.2aA	55.3aA	3.2bB	45.5bB	247.1bB	141.3bA
低氮	13.9bA	780aA	58.3bA	25.6aA	30.8aA	55.6aA	3.1bB	43.0bB	244.4bB	139.9bA
CK	13.8bA	770aA	56.1cB	23.2bA	30.2aA	54.9aA	2.9bB	40.9cC	241.6bB	136.0cA

从表 4 看出,处理可显著提高籽粒蛋白质含量 2.8%,提高幅度 0.6%~4.8%;湿面筋含量显著提高 13.4%,增加幅度 10.3%~17.2%。籽粒硬度极显著提高 5.1%,提高幅度 4.0%~7.2%;稳定时间提高 21.8%,提高幅度 6.9%~48.3%;最大拉伸面积极显著提高 11.2%,提高幅度 5.1%~17.3%;最大拉升阻力极显著提高 3.3%,提高幅度 1.2%~6.5%;延展性提高 3.9%,提高幅度 2.8%~5.1%;容重提高 1.6%,提高幅度 1.2%~1.7%;吸水率极显著提高 1.6%,提高幅度 0.7%~2.9%;沉降值提高 3.1%,提高幅

度 2.0%~3.8%。

### 3 结果与讨论

施肥具有显著的增产作用,但其增产作用与品种的基因型、生态条件及栽培管理技术实施质量有关<sup>[1~9]</sup>。试验结果表明,在磷钾肥用量相同的条件下,随着施氮量的增加,增产幅度呈增加趋势,增产幅度在 5.5%~12.5%。这与张睿等<sup>[7~12]</sup>研究结果一致。施氮量增加到一定程度,增产效应变小,高氮水平与中氮水平产量仅相差 2 个百分点,而氮肥相差 15 kg/hm<sup>2</sup>。这说明高量施用氮肥已经不

再是影响小麦增产的主要因素,磷、钾肥水平及地力基础水平高低可能是影响产量的主要因素。从产量结果看,当地适宜的氮肥水平为中氮水平,适宜氮肥用量在 225 kg/hm<sup>2</sup>。

施肥和提高氮肥用量对产量构成因素均有显著影响。笔者试验结果成穗数提高 7.3%~17.0%;穗粒数增加 3.5%~8.0%。这与鞠正春等<sup>[11~13]</sup>研究结果一致。对千粒重的效应与前人部分研究结果不尽一致<sup>[1~4]</sup>,中氮处理比对照高 1.4%,高氮和低氮处理分别比对照低 1.8%和 3.0%。这一方面可能与处理后单株分蘖数增加 18.4%~84.2%,特别是 II 级分蘖比 I 级分蘖多 44.4%~55.5%,影响了成穗蘖及其生长及后期养分向籽粒的转运,另一方面可能与试验年度后期气候条件有关,特别是灌浆期温度和湿度有关;有待进一步研究。

施肥及氮肥调节对不孕小穗数有显著影响,可显著提高小穗结实性。不孕小穗数随施氮量的增加而减小,平均每穗减少 1.1~2.9 个,减幅 21.1%~55.8%,随着施氮量增加,减少幅度越大。这与刘一等<sup>[18~20]</sup>研究不尽一致。可能是拔节期追氮,改善了中后期养分供给及其小穗之间营养竞争,特别是穗子顶部和基部小穗营养状况,促使其结实率提高。

施肥可以改善籽粒品质,特别是氮肥对籽粒品质的改善作用更为明显。试验结果表明,不同氮肥水平对小麦籽粒蛋白质含量和湿面筋含量有显著影响;对籽粒硬度、稳定时间、最大拉升面积、最大拉升阻力和延展性有极显著影响;但对籽粒容重、沉降值和吸水率没有显著影响。各指标变化规律与于振文等<sup>[13~16]</sup>研究结果不尽一致。这可能与品种基因型差异有关,也可能与生态类型<sup>[19~20]</sup>及地力水平<sup>[7,18~19]</sup>等有关,有待进一步研究。

## 参 考 文 献:

[1] 邓丽娟,焦小强. 氮管理对冬小麦产量和品质影响的整合分析[J]. 中国农业科学, 2021, 54(11): 2 355-2 365.

[2] 易媛,董召娣,张明伟,等. 减氮对半冬性中筋小麦产量、NUE 及氮代谢关键酶活性的影响[J]. 核农学报, 2015, 29(02): 0365-0374.

[3] 刘卫星,张文杰,王家瑞,等. 氮密调控对冬小麦籽粒产量及氮素利用效率的影响[J]. 中国农学通报, 2021, 37(22): 5-10.

[4] 王海泽,刘志萍,巴图,等. 氮肥供应对麦类作物产量和品质的影响[J]. 内蒙古民族大学学报(自然科学版), 2021, 36(03): 248-252.

[5] 郝明德,王旭刚,党廷辉,等. 黄土高原旱地小麦多年定位施用化肥的产量效应分析[J]. 作物学报, 2004, 30(11): 1108-1112.

[6] 陈磊,郝明德,张少民. 黄土高原长期施肥对小麦产量及肥料利用率的影响[J]. 麦类作物学报, 2006, 26(05): 101-105.

[7] 张睿. 小麦不同施肥水平与施肥结构的产量和效益分析[J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 2004, 24(02): 104-107.

[8] 李芳林,郝明德,杨晓,等. 黄土旱塬施肥对土壤水分和冬小麦产量的影响[J]. 麦类作物学报, 2010, 30(01): 54-157.

[9] 王荣辉,王朝辉,李生秀,等. 施磷量对旱地小麦氮磷钾和干物质积累及产量的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2011, 29(01): 115-121.

[10] 吴强,张永平,谢岷,等. 节水灌溉模式下施肥量对小麦产量和加工品质的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2021, 49(03): 9-17.

[11] 鞠正春. 施氮量和追氮时期对小麦产量和品质的影响及其生理基础[D]. 泰安: 山东农业大学, 2006.

[12] 刘凤楼,宋美丽,冯毅,等. 施肥量与氮肥基追比对西农 979 产量和品质的效应[J]. 麦类作物学报, 2010, 30(03): 482-48.

[13] 于振文,张炜,余松烈. 钾营养对冬小麦养分吸收、分配、产量形成和品质的影响[J]. 作物学报 1996, 4(22): 442-447.

[14] 周秋峰,于沐,张果果,等. 施肥对小麦品质的调节效应[J]. 中国农学通报, 2016, 32(36): 40-44.

[15] 赵永志,王俊英,王一中,等. 施肥对小麦品质的影响实验初探[J]. 中国农学通报, 2002, 18(06): 103-105.

[16] 古巧珍,杨学云,孙本华,等. 长期定位施肥对小麦籽粒产量及品质的影响[J]. 麦类作物学报, 2004, 24(03): 76-79.

[17] 吴兰云,徐茂林. 优化施肥对小麦品质和产量的效应研究[J]. 土壤, 2003, 35(02): 152-155.

[18] 刘一. 施肥对黄土高原旱地冬小麦产量及土壤肥力的影响[J]. 水土保持研究, 2003, 10(01): 40-42.

[19] 宋永林. 氮磷钾化肥与不同有机肥料配施对冬小麦发育性状及产量的影响[J]. 北京农业科学, 2001, 3(05): 15-18.

[20] 徐启来,王飞,周娜娜,等. 不同氮肥运筹对晚播小麦产量和农艺性状的影响[J]. 安徽农业科学, 2017, 45(31): 20-22; DOI: 10. 13989/j. cnki. 0517-6611. 2017. 31. 007