

# 黄土高原旱地宽幅匀播冬小麦肥效试验研究

胡箭卫<sup>1</sup>, 周德录<sup>1</sup>, 尤艳蓉<sup>1</sup>, 刘广才<sup>1</sup>, 张立功<sup>2</sup>

(1. 甘肃省农业技术推广总站, 甘肃 兰州 730020; 2. 甘肃省庄浪县农业技术推广中心, 甘肃 庄浪 744600)

**摘要:** 通过在黄土高原旱地进行宽幅匀播冬小麦肥效“3414”试验, 建立了黄土高原旱地宽幅匀播冬小麦施肥模型, 通过对模型的解析得出, N最大施量为207.60 kg/hm<sup>2</sup>, 最佳施量为178.95 kg/hm<sup>2</sup>; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>最大施量为106.05 kg/hm<sup>2</sup>, 最佳施量为88.50 kg/hm<sup>2</sup>; K<sub>2</sub>O最大施量为61.50 kg/hm<sup>2</sup>, 最佳施量为48.75 kg/hm<sup>2</sup>。

**关键词:** 黄土高原; 旱地冬小麦; 宽幅匀播; 3414肥效试验

**中图分类号:** S512.1; S147.21 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2016)12-0053-03

**doi:** 10.3969/j.issn.1001-1463.2016.12.018

小麦宽幅匀播栽培技术是甘肃经多年研发出的粮油作物高产高效栽培十大主推技术之一, 以宽幅播、促匀播、扩行距、抓群体、促穗粒为核心内容<sup>[1]</sup>, 目标是追求合理大群体、健壮个体, 提高产量与环境条件(光、水、肥、温、气)的和谐统一, 充分发挥小麦品种自身的增产优势和充分高效利用环境条件<sup>[2-3]</sup>, 农机农艺良种良法相结合, 降低生产成本, 提高生产劳动率, 实现高产高效<sup>[4-5]</sup>。我们通过黄土高原旱地宽幅匀播技术冬小麦田间“3414”肥效试验, 建立了黄土高原旱地宽幅匀播冬小麦施肥模型, 旨在探索适宜于该地区的冬小麦宽幅匀播小麦最佳施肥水平, 为大田生产提供科学指导。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

指示冬小麦品种为兰天26号, 由甘肃省农业科学院小麦研究所提供。供试化肥为尿素(含N 46.3%), 甘肃刘家峡化工集团生产; 普通过磷酸钙(含P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 16.0%), 云南禄丰勤攀磷化工有限公司生产; 硫酸钾(含K<sub>2</sub>O 50.0%), 四川川化青上化工有限公司生产。

### 1.2 试验地基本情况

试验设在庄浪县通化乡韩湾村, 当地海拔1 895 m, 年均气温8.0℃, 降水量510 mm, 无霜期140 d。试验地土壤为黄绵土, 肥力中等, 地力均匀, 耕层土壤含有机质14.3 g/kg、速效氮74.8 mg/kg、速效磷23.6 mg/kg、速效钾246 mg/kg。前茬小麦。

### 1.3 试验方法

采用三因素四水平“3414”回归最优设计, 共设14个处理(见表1), 三因素为N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O, 四个水平分别为0水平(不施肥)、2水平(当地最佳施肥量)、1水平(2水平×0.5)、3水平(2水平×1.5), 各因子施用水平见表1。

**表1** 宽幅匀播冬小麦 NPK 肥效试验水平编码 kg/hm<sup>2</sup>

肥料	0水平	2水平	1水平	3水平
N	0	180.0	90.0	270.0
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0	120.0	60.0	180.0
K <sub>2</sub> O	0	60.0	30.0	90.0

试验采取随机区组排列, 3次重复, 小区面积15.84 m<sup>2</sup>(2.64 m×6.00 m)。试验采用宽幅精播模式种植, 播前按试验方案分小区准确称取供试肥料, 全部氮肥、磷肥、钾肥按划定小区一次性施入做底肥。9月30日用宽幅精播机分小区按播种深度3~5 cm、播幅10 cm、行距22 cm播种, 播量270 kg/hm<sup>2</sup>, 其他管理同大田。成熟期每小区随机取样10株考种, 收获时按小区单收单打, 测定生物产量和籽粒产量。计算肥料利用率与缺肥区相对产量, 每100 kg小麦籽粒吸收N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O的量按3.00、0.99、2.90 kg计算。

## 2 结果与分析

### 2.1 生育期

各处理生育期在278~281 d。P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>和K<sub>2</sub>O不同施肥量对生育期影响不大, 施N对生育期有一定影响, 随施肥量增大相应处理的生育期随之延

收稿日期: 2016-06-22; 修订日期: 2016-11-20

作者简介: 胡箭卫(1960—), 男, 湖南永兴人, 推广研究员, 主要从事农业技术与推广工作。联系电话: (0)15117218295。

长。

## 2.2 苗情

从表 2 可以看出, 不同施肥量对拔节期总茎数、有效分蘖、株高、穗长、小穗数均有影响。各处理平均基本苗为 426.75 万株/hm<sup>2</sup>, 处理间差异不大。单株分蘖数处理 N<sub>1</sub>P<sub>2</sub>K<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>P<sub>1</sub>K<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>P<sub>2</sub>K<sub>1</sub>、N<sub>1</sub>P<sub>1</sub>K<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>P<sub>1</sub>K<sub>1</sub> 最高, 均达 2.26 个; 处理 N<sub>0</sub>P<sub>0</sub>K<sub>0</sub> 最低, 为 2.13 个。越冬率处理 N<sub>2</sub>P<sub>3</sub>K<sub>2</sub>、N<sub>3</sub>P<sub>2</sub>K<sub>2</sub> 最高, 均达 87.9%; 处理 N<sub>0</sub>P<sub>2</sub>K<sub>2</sub> 最低, 为 87.0%。拔节期总茎数以处理 N<sub>1</sub>P<sub>2</sub>K<sub>2</sub>、N<sub>1</sub>P<sub>1</sub>K<sub>2</sub> 为最高, 均达 967.5 万茎/hm<sup>2</sup>; 其次为 N<sub>2</sub>P<sub>1</sub>K<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>P<sub>2</sub>K<sub>1</sub>、N<sub>2</sub>P<sub>1</sub>K<sub>1</sub>, 拔节期总茎数均为 961.5 万茎/hm<sup>2</sup>; 再次为 N<sub>2</sub>P<sub>3</sub>K<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>P<sub>2</sub>K<sub>3</sub>、N<sub>3</sub>P<sub>2</sub>K<sub>2</sub>, 均为 955.5 万茎/hm<sup>2</sup>; 处理 N<sub>2</sub>P<sub>2</sub>K<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>P<sub>2</sub>K<sub>0</sub>、N<sub>1</sub>P<sub>2</sub>K<sub>1</sub> 较低, 均为 951.0 万茎/hm<sup>2</sup>; 以处理 N<sub>0</sub>P<sub>0</sub>K<sub>0</sub> 最低, 仅为 907.5 万茎/hm<sup>2</sup>。有效分蘖率以处理 N<sub>3</sub>P<sub>2</sub>K<sub>2</sub> 最高, 为 62.95%; 处理 N<sub>2</sub>P<sub>0</sub>K<sub>2</sub> 最低, 为 5.05%。株高除处理 N<sub>0</sub>P<sub>0</sub>K<sub>0</sub> 为 88.5 cm、处理 N<sub>2</sub>P<sub>2</sub>K<sub>3</sub> 为 92.0 cm、处理 N<sub>2</sub>P<sub>1</sub>K<sub>1</sub> 为 92.2 cm, 表现较低外, 其余均在 93.0 ~ 95.3 cm。穗长以处理 N<sub>2</sub>P<sub>3</sub>K<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>P<sub>1</sub>K<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>P<sub>2</sub>K<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>P<sub>2</sub>K<sub>3</sub>、N<sub>2</sub>P<sub>1</sub>K<sub>1</sub> 最长, 均为 6.2 cm; 处理 N<sub>0</sub>P<sub>0</sub>K<sub>0</sub> 穗长最短, 为 5.3 cm。小穗数以处理 N<sub>2</sub>P<sub>3</sub>K<sub>2</sub> 最多, 达 15.0 个; N<sub>0</sub>P<sub>0</sub>K<sub>0</sub> 最少, 为 12.9 个。

## 2.3 产量构成因素

从表 3 可以看出, 成穗数以处理 N<sub>3</sub>P<sub>2</sub>K<sub>2</sub> 最高, 为 601.5 万穗/hm<sup>2</sup>; 处理 N<sub>0</sub>P<sub>2</sub>K<sub>2</sub>、N<sub>1</sub>P<sub>2</sub>K<sub>2</sub> 次之, 均为 580.5 万穗/hm<sup>2</sup>; 处理 N<sub>1</sub>P<sub>1</sub>K<sub>2</sub>、N<sub>1</sub>P<sub>2</sub>K<sub>1</sub> 居第 3,

表3 宽幅匀播冬小麦“3414”肥效试验产量三要素测定结果

处理	成穗数 (/万穗/hm <sup>2</sup> )	穗粒数 (/粒)	千粒重 (/g)	理论产量 (/kg/hm <sup>2</sup> )
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	535.5	24.4	44.7	6 049.5
N <sub>0</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	580.5	24.4	45.7	5 839.5
N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	580.5	27.1	45.4	6 271.5
N <sub>2</sub> P <sub>0</sub> K <sub>2</sub>	523.5	30.0	45.8	6 637.5
N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	537.0	27.8	46.6	6 133.5
N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	567.0	28.3	46.3	6 075.0
N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K <sub>2</sub>	568.5	27.1	46.0	6 282.0
N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>0</sub>	532.5	27.5	45.6	6 381.0
N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	544.5	28.4	45.4	6 414.0
N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>3</sub>	556.5	29.1	45.1	6 250.5
N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	601.5	28.0	44.9	6 231.0
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	573.0	26.9	46.3	6 373.5
N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	573.0	26.0	47.8	6 049.5
N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	546.0	29.5	45.4	5 850.0

均为 573.0 万穗/hm<sup>2</sup>。穗粒数以处理 N<sub>2</sub>P<sub>0</sub>K<sub>2</sub> 最多, 为 30.0 粒; 处理 N<sub>2</sub>P<sub>1</sub>K<sub>1</sub> 次之, 为 29.5 粒; 处理 N<sub>2</sub>P<sub>2</sub>K<sub>3</sub> 居第 3, 为 29.1 粒。千粒重以处理 N<sub>1</sub>P<sub>2</sub>K<sub>1</sub> 最高, 为 47.8 g; 处理 N<sub>2</sub>P<sub>1</sub>K<sub>2</sub> 次之, 为 46.6 g; 处理 N<sub>2</sub>P<sub>2</sub>K<sub>2</sub>、N<sub>1</sub>P<sub>1</sub>K<sub>2</sub> 居第 3, 均为 46.3 g。对产量构成三要素综合分析可以看出, 处理 N<sub>2</sub>P<sub>0</sub>K<sub>2</sub> 的成穗数、穗粒数、千粒重均较高, 其理论产量表现最高, 达 6 637.5 kg/hm<sup>2</sup>; 其次为处理 N<sub>2</sub>P<sub>2</sub>K<sub>1</sub>, 理论产量达 6 414.0 kg/hm<sup>2</sup>; 处理 N<sub>2</sub>P<sub>2</sub>K<sub>0</sub> 居第 3, 理论产量为 6 373.5 kg/hm<sup>2</sup>。理论产量从高到低依次为 N<sub>2</sub>P<sub>0</sub>K<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>P<sub>2</sub>K<sub>1</sub>、N<sub>2</sub>P<sub>2</sub>K<sub>0</sub>、N<sub>1</sub>P<sub>1</sub>K<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>P<sub>3</sub>K<sub>2</sub>、N<sub>1</sub>P<sub>2</sub>K<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>P<sub>2</sub>K<sub>3</sub>、N<sub>3</sub>P<sub>2</sub>K<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>P<sub>1</sub>K<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>P<sub>2</sub>K<sub>2</sub>、N<sub>1</sub>P<sub>2</sub>K<sub>1</sub>、N<sub>0</sub>P<sub>0</sub>K<sub>0</sub>、

表2 宽幅匀播冬小麦“3414”肥效试验苗情调查结果

处理	基本苗 (/万株/hm <sup>2</sup> )	单株分蘖数 (/个)	冬前苗 (/万株/hm <sup>2</sup> )	返青苗 (/万株/hm <sup>2</sup> )	越冬率 (/%)	拔节期总茎数 (/万茎/hm <sup>2</sup> )	有效分蘖率 (/%)	株高 (/cm)	穗长 (/cm)	小穗数 (/个)
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	426.0	2.13	1 147.5	1 000.5	87.2	907.5	59.01	88.5	5.3	12.9
N <sub>0</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	426.0	2.18	1 143.0	994.5	87.0	927.0	62.62	94.5	5.7	13.3
N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	427.5	2.26	1 174.5	1 030.5	87.7	967.5	60.00	94.2	5.7	13.1
N <sub>2</sub> P <sub>0</sub> K <sub>2</sub>	427.5	2.22	1 186.5	1 038.0	87.5	951.0	55.05	93.0	6.2	14.1
N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	426.0	2.26	1 150.5	1 003.5	87.2	961.5	55.85	94.5	6.2	14.4
N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	427.5	2.17	1 143.0	1 003.5	87.8	927.0	61.17	94.6	6.2	13.7
N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K <sub>2</sub>	426.0	2.24	1 168.5	1 027.5	87.9	955.5	59.50	93.7	6.1	15.0
N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>0</sub>	427.5	2.22	1 173.0	1 023.0	87.2	951.0	55.99	93.1	5.6	13.8
N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	426.0	2.26	1 150.5	1 006.5	87.5	961.5	56.63	95.3	5.6	14.2
N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>3</sub>	424.5	2.25	1 168.5	1 020.0	87.3	955.5	58.24	92.0	6.2	13.1
N <sub>3</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	427.5	2.24	1 153.5	1 014.0	87.9	955.5	62.95	94.8	5.9	13.4
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	427.5	2.26	1 150.5	1 000.5	87.0	967.5	59.22	94.5	5.5	13.7
N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	426.0	2.23	1 183.5	1 036.5	87.6	951.0	60.25	93.6	5.7	13.2
N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	426.0	2.26	1 161.0	1 011.0	87.1	961.5	56.79	92.2	6.2	14.7

$N_2P_1K_1$ 、 $N_0P_2K_2$ 。

## 2.4 产量

从表 4 可以看出, 各施肥处理均比  $N_0P_0K_0$  处理增产, 其中以处理  $N_2P_2K_2$  折合产量最高, 为 6 471.0 kg/hm<sup>2</sup>, 较  $N_0P_0K_0$  处理增产 1 679.3 kg/hm<sup>2</sup>; 处理  $N_3P_2K_2$  次之, 较  $N_0P_0K_0$  处理增产 1 452.0 kg/hm<sup>2</sup>; 处理  $N_2P_2K_3$  居第 3, 为 6 212.1 kg/hm<sup>2</sup>, 较  $N_0P_0K_0$  处理增产 1 420.4 kg/hm<sup>2</sup>; 其余处理较  $N_0P_0K_0$  处理增产 340.9 ~ 1 414.1 kg/hm<sup>2</sup>。对各处理折合产量的方差分析表明, 区组间差异不显著 [ $F_{(2, 41)}=0.327 < F_{0.05}=3.369$ ], 处理间差异达极显著 [ $F_{(13, 41)}=58.708 > F_{0.01}=2.904$ ]。进一步进行 LSR 法多重比较, 处理  $N_2P_2K_2$  与  $N_3P_2K_2$  差异显著, 与其余处理差异极显著;  $N_3P_2K_2$  与  $N_2P_2K_3$ 、 $N_2P_1K_1$ 、 $N_2P_2K_1$ 、 $N_2P_1K_2$ 、 $N_1P_1K_2$ 、 $N_1P_2K_1$  之间差异不显著, 与其余处理差异极显著;  $N_2P_2K_3$ 、 $N_2P_1K_1$  与  $N_2P_2K_1$ 、 $N_2P_1K_2$ 、 $N_1P_1K_2$ 、 $N_1P_2K_1$ 、 $N_2P_3K_2$  之间差异不显著, 与  $N_2P_2K_0$  差异显著, 与其余处理间差异极显著;  $N_2P_3K_2$ 、 $N_1P_2K_1$ 、 $N_1P_1K_2$  之间差异不显著,  $N_1P_2K_2$ 、 $N_1P_2K_2$  与  $N_2P_2K_0$ 、 $N_2P_3K_2$ 、 $N_1P_2K_1$  之间差异不显著, 与  $N_2P_0K_2$  之间差异显著, 与  $N_0P_0K_0$ 、 $N_0P_2K_2$  间差异极显著;  $N_2P_0K_2$  与  $N_0P_2K_2$  之间差异显著, 与其余处理间差异极显著;  $N_0P_2K_2$  与  $N_0P_0K_0$  之间差异显著, 与其余处理间差异极显著。

表 4 不同施肥量产量结果

处理	小区平均产量 (kg/15.84 m <sup>2</sup> )	折合产量 (kg/hm <sup>2</sup> )	产量 位次
$N_0P_0K_0$	7.59	4 791.7 h G	14
$N_0P_2K_2$	8.13	5 132.6 g F	13
$N_1P_2K_2$	9.32	5 883.8 e DE	11
$N_2P_0K_2$	8.98	5 669.2 f E	12
$N_2P_1K_2$	9.67	6 104.8 bc BCD	6
$N_2P_2K_2$	10.25	6 471.0 a A	1
$N_2P_3K_2$	9.45	5 965.9 cde CD	9
$N_2P_2K_0$	9.36	5 909.0 de DE	10
$N_2P_2K_1$	9.68	6 111.1 bc BCD	5
$N_2P_2K_3$	9.84	6 212.1 b BC	3
$N_3P_2K_2$	9.89	6 243.7 b AB	2
$N_1P_1K_2$	9.63	6 079.5 bcd BCD	7
$N_1P_2K_1$	9.60	6 060.6 bcde BCD	8
$N_2P_1K_1$	9.83	6 205.8 b BC	4

## 2.5 缺肥区相对产量、肥料利用率及肥料利用效率

由表 5 可以看出, N 肥缺素区相对产量为 79.31%, N 肥利用率为 22.31%, N 肥利用效率为 7.44 kg/kg; P 肥缺素区相对产量为 87.67%, P 肥

利用率为 6.58%, P 肥利用效率为 6.65 kg/kg; K 肥缺素区相对产量 91.31%, K 肥利用率为 27.16%, K 肥利用效率 9.36 kg/kg。

以产量为因变量 ( $y$ ), 最大施肥量为自变量 ( $x$ ), 建立回归方程:

$$y_N = -0.4511x_N^2 + 12.49x_N + 339.89 \quad (R=0.9798)$$

$$y_P = -0.9733x_P^2 + 13.763x_P + 375.43 \quad (R=0.9017)$$

$$y_K = -1.9291x_K^2 + 15.812x_K + 391.28 \quad (R=0.8224)$$

对方程解析得出, N 最大施量为 207.60 kg/hm<sup>2</sup>, 最佳施量为 178.95 kg/hm<sup>2</sup>; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 最大施量为 106.05 kg/hm<sup>2</sup>, 最佳施量为 88.50 kg/hm<sup>2</sup>; K<sub>2</sub>O 最大施量为 61.50 kg/hm<sup>2</sup>, 最佳施量为 48.75 kg/hm<sup>2</sup>。

表 5 宽幅匀播冬小麦“3414”肥效试验不同施肥量施肥参数

肥料	相对 产量 /%	肥料 利用率 /%	肥料利 用效率 /(kg/kg)	最大 施肥量 /(kg/hm <sup>2</sup> )	最佳 施肥量 /(kg/hm <sup>2</sup> )
N	79.31	22.31	7.44	207.60	178.95
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	87.67	6.58	6.65	106.05	88.50
K <sub>2</sub> O	91.31	27.16	9.36	61.50	48.75

## 3 结论

在黄土高原旱地冬小麦宽幅精播栽培中, N 肥缺素区相对产量为 79.31%, 利用率为 22.31%, 利用效率为 7.44 kg/kg; P 肥缺素区相对产量为 87.67%, 利用率为 6.58%, 利用效率为 6.65 kg/kg; K 肥缺素区相对产量 91.31%, 利用率为 27.16%, 利用效率 9.36 kg/kg。经对以产量为因变量 ( $y$ ), 最大施肥量为自变量 ( $x$ ), 建立方程的解析得出, N 最大施量为 207.60 kg/hm<sup>2</sup>, 最佳施量为 178.95 kg/hm<sup>2</sup>; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 最大施量为 106.05 kg/hm<sup>2</sup>, 最佳施量为 88.50 kg/hm<sup>2</sup>; K<sub>2</sub>O 最大施量为 61.50 kg/hm<sup>2</sup>, 最佳施量为 48.75 kg/hm<sup>2</sup>。

## 参考文献:

- [1] 余松烈, 董庆裕. 667 平方米产量 700~800 千克 小麦宽幅精播高产栽培技术[J]. 农业知识, 2008(8): 1-2.
- [2] 刘金权. 小麦宽幅精播高产技术[J]. 河南农业, 2011(15): 44.
- [3] 刘树念. 小麦宽幅精播特点及高产栽培技术[J]. 现代农业科技, 2009(23): 51.
- [4] 陈翠贤, 陶英, 陈伟俊, 等. 景泰县小麦宽幅精播技术探讨[J]. 现代农业科技, 2013(14): 60-61.
- [5] 蔡玉金, 董淑华, 卢世恒, 等. 鲁东南小麦宽幅精播高产栽培技术[J]. 农业科技通讯, 2015(4): 197-198.

(本文责编: 郑立龙)