

NPK对扬麦12产量及主要经济性状效应研究

李玉胜¹, 范友胜¹, 胡孝尧², 王侠芳², 胡锦年², 尹玲¹

(¹庐江县农业技术推广中心, 安徽庐江 231500; ²白湖农技推广服务中心, 安徽庐江 231508)

摘要: 为了探索扬麦12高产栽培条件下N、P₂O₅、K₂O三因子的最佳组合, 采用三元二次正交旋转组合设计, 研究3因子对扬麦12产量及主要经济性状的效应, 建立了33套试验因子与产量及主要经济性状的回归模型。分析得出产量 ≥ 400 kg/667m²主要经济性状的指标值: 有效穗24.98~25.72万穗/667m²、株高84.50~86.67cm、穗长6.57~6.86 cm、小穗数15.49~15.68个、穗粒数37.48~38.88粒、千粒重44.45~45.49 g。相对应的农艺措施为: 纯氮17.29~19.30 kg/667m²、P₂O₅ 7.58~9.43 kg/667m²、K₂O 8.53~10.35 kg/667m²。最高单产为473.5 kg/667m², 对应的农艺措施为: 纯氮量18.0 kg/667m²、P₂O₅ 12 kg/667m²、K₂O 12 kg/667m²。

关键词: 小麦; 高产栽培; 回归分析; 数学模型

中图分类号: S512.1+1; S318

文献标识码: A

论文编号: 2009-1766

Preliminary Study on Influence of N, P, K on Main Economic Characteristics and Yield of Yangmai 12

Li Yusheng¹, Fan Yousheng¹, Hu Xiaoyao², Wang Xiafang², Hu Jinnian², Yin Ling¹

(¹Agriculture Technique Extending Center of Lujiang County of Anhui Province, Lujiang Anhui 231500;

²Agriculture Technique Extending Center of Baihu of Anhui Province, Lujiang Anhui 231508)

Abstract: The purpose of study was to explore the optimum combination of 3 factors of N, P₂O₅, K₂O in the high yield cultivate of Yangmei 12. The effect of three factors on main economic characteristics and yield was studied with the quadratic orthogonal rotation design with three factors. The thirty three polynomial quadratic regression effect models of 3 factors on the yield and main economic characteristics were established. The quantization of yield ≥ 400 kg/667m² index of main economic and Agriculture measure were obtained through analysis: number of productive ear were 249.8–257.2 thousand/667m², plant height 84.50–86.67 cm, ear length 6.57–6.86 cm, spikelets 15.49–15.68, Grains 37.48–38.88, Thousand seed weight 44.45–45.49 g, N 17.29–19.30 kg/667m², P₂O₅ 7.58–9.43 kg/667m², K₂O 8.53–10.35 kg/667m², highest yield was 473.5 kg/667m², Corresponding agrotechnical measures were N 18.0 kg/667m², P₂O₅ 12 kg/667m², K₂O 12 kg/667m².

Key words: wheat, high yield cultivate, regression analysis, mathematical model

0 引言

随着国家对农业扶持力度的加大, 近年来江淮地区小麦种植面积不断扩大, 庐江县2007年秋种小麦面积达3万多hm²。为加强对小麦高产栽培的研究及大田生产的技术指导, 特开展试验, 以便了解高产栽培

条件下N、P、K三因子对小麦产量及主要经济性状的效应, 探索小麦高产栽培最佳配肥方案^[1-9], 构建小麦施肥数学模型, 为优化安徽江淮地区小麦优质高产技术模式提供依据。

基金项目: 安徽省粮丰工程项目“(安徽)稻麦丰产高效技术集成研究与示范”(2006BAD02A06)。

第一作者简介: 李玉胜, 男, 1962年出生, 安徽庐江县人, 本科学历, 高级农艺师, 从事水稻、油菜、小麦栽培技术与推广。通信地址: 231500安徽省庐江县庐城庐巢路39号, 庐江县农业技术推广中心。Tel: 0565-7322376, E-mail: lys8136@163.com。

通讯作者: 范友胜, 男, 1962年出生, 安徽庐江县人, 本科学历, 农业技术推广研究员, 从事水稻、油菜、小麦栽培技术与推广。通信地址: 231500安徽省庐江县庐城庐巢路39号, 庐江县农业技术推广中心, Tel: 0565-7322376, E-mail: fys6116@163.com。

收稿日期: 2009-08-31, **修回日期:** 2009-09-25。

1 材料与方法

1.1 试验地点

试验于2007年11月—2008年5月在安徽省庐江县白湖镇金湾村进行,试验田土壤为沙泥田,前茬为单季晚稻,耕层主要养分含量:有机质2.14%、全氮0.116%、有效磷40.85 mg/kg、速效钾85.0 mg/kg。

1.2 试验设计

选择N、P₂O₅、K₂O三因素,采用三元二次正交旋转组合设计,共15个处理,0水平重复6次,计20个小区,小区面积20 m²,因子水平见表1^[10]。

1.3 试验经过

供试品种为扬麦12,供试肥料为尿素、普通过磷酸钙和氯化钾,氮肥施用方案为基肥:平衡肥:拔节肥为5:1:4,其中基肥在播种前于畦面拖深度为10 cm的施肥沟,将肥料施于沟底,覆土后整平畦面,平衡肥于冬前施用,拔节肥于倒3叶(起身~拔节期)施用。磷肥和钾肥基肥:拔节肥=5:5^[1-9]。11月5日条沟播种,播种量:8 kg/667m²,每小区播种240 g。病虫害防治同常规大田,对茎蘖动态和主要经济性状进行记载考察,5月26日分区单收单脱晒干扬净计取实产。

表1 因子水平编码表

试验因子	变化间距	单位	因子水平(r=1.682下同)				
			-r	-1	0	1	r
N(x ₁)	6	kg/667m ²	1.9	6	12	18	22.1
P ₂ O ₅ (x ₂)	4	kg/667m ²	1.3	4	8	12	14.7
K ₂ O(x ₃)	4	kg/667m ²	1.3	4	8	12	14.7

表2 各处理因子水平组合及小区产量

N(x ₁)	P ₂ O ₅ (x ₂)	K ₂ O(x ₃)	实产/(kg/667m ²)	N(x ₁)	P ₂ O ₅ (x ₂)	K ₂ O(x ₃)	实产/(kg/667m ²)
1	1	1	456.0	0	+r	0	426.0
1	1	-1	427.0	0	-r	0	387.7
1	-1	1	439.6	0	0	+r	422.9
1	-1	-1	421.5	0	0	-r	371.2
-1	1	1	315.4	0	0	0	404.6
-1	1	-1	268.0	0	0	0	392.8
-1	-1	1	293.9	0	0	0	410.9
-1	-1	-1	287.4	0	0	0	449.2
+r	0	0	473.3	0	0	0	415.6
-r	0	0	221.8	0	0	0	430.0

2 结果与分析

2.1 产量模型的建立

按照二次通用旋转组合设计原理,利用微机对各处理的实产(表2)进行回归分析,建立三因子对产量的二次多项回归模型^[10]:

$$Y=417.85+73.40X_1+6.47X_2+13.76X_3+2.48X_1X_2-0.85X_1X_3+6.48X_2X_3-28.47X_1^2-7.51X_2^2-10.97X_3^2 \dots\dots (1)$$

对方程进行F测验, F_失=2.47 < F_{0.05}(5, 5)=5.05, 失拟不显著。F_回=34.40 > F_{0.01}(9, 10)=4.94, 复相关系数R=0.9842, 皆达极显著水平, 说明该数学模型拟合度较好。对回归方程各项偏回归系数进行t测验, t₀=59.958、t₁=15.874、t₂=1.400、t₃=2.976、t₁₂=0.406、t₂₃=1.071、t₁₁=6.325、t₂₂=1.668、t₃₃=2.439, 分别达极显著、显著或弱显著水平, t₁₃=0.139不显著, 剔除不显著项, 方

程优化为:

$$Y=417.85+73.40X_1+6.47X_2+13.76X_3+2.48X_1X_2+6.48X_2X_3-28.47X_1^2-7.51X_2^2-10.97X_3^2 \dots\dots (2)$$

2.2 三因子对产量的效应

将模型(2)三因子中的任两个因子固定为零水平, 可得到另一因子对产量的回归效应方程^[10]:

$$N: Y=417.85+73.40X_1-28.47X_1^2 \dots\dots (4)$$

$$P_2O_5: Y=417.85+6.47X_2-7.51X_2^2 \dots\dots (5)$$

$$K_2O: Y=417.85+13.76X_3-10.97X_3^2 \dots\dots (6)$$

运用微机对上述方程进行仿真模拟, 可得出三因子对产量的效应(表3)。

纯氮量对产量的效应。在-r~1内随纯氮量的增加, 产量近似呈直线上升, 当纯氮量达到1水平时, 产量达到最高值, 单产达462.8 kg/667m²。纯氮施用量达

表3 三因子对产量的效应 (kg/667m²)

因子水平	N(X ₁)	P ₂ O ₅ (X ₂)	K ₂ O(X ₃)
-1.682	213.8	385.7	363.7
-1	316.0	403.9	393.1
0	417.9	417.9	417.9
1	462.8	416.8	420.6
1.682	460.8	407.5	410.0

到1水平后,随着施用量的增加,产量缓慢下降。

P₂O₅对产量的效应。在 -r~0内随P₂O₅量的增加,产量近似呈直线上升,当P₂O₅量达到0水平时,产量达到最高值,单产为417.9 kg/667m²。P₂O₅施用量达到0水平后,随着施用量的增加,产量开始缓慢下降。

K₂O对产量的效应。在 -r~1内,随K₂O量的增加,产量近似呈直线上升,当K₂O量达到1水平时,产量达到最高值,单产达420.6 kg/667m²。达到1水平

后,随着施用量的增加,产量开始缓慢下降。

因子对产量的效应强度。以偏回归系数绝对值的大小进行比较,三因子对产量效应的强度为X₁>X₃>X₂。

因子间的互作效应。试验共得出的3组双因子交互效应系数, b₁₂=2.48, b₁₃=-0.85, b₂₃=6.48。经测验 t₁₂、t₂₃为弱显著水平, t₁₃不显著。可以看出N与P₂O₅、N与K₂O间存在弱正向互作效应。随施用量的增加,N与P₂O₅、N与K₂O间的互作对产量的贡献率逐渐增加。P₂O₅与K₂O间的互作对产量的影响不显著。

2.3 三因子对主要经济性状效应

对各处理组合小区群体的主要经济性状利用微机进回归分析^[10],建立了8套试验三因子对各主要经济性状效应的回归模型。经F测验,分别达显著或极显著水平(表4)。

表4 三因子对主要经济性状效应的回归模型

主要性状	回归模型: $y=b_0+b_1X_1+b_2X_2+b_3X_3+b_{12}X_1X_2+b_{13}X_1X_3+b_{23}X_2X_3+b_{11}X_{12}+b_{22}X_{22}+b_{33}X_{32}$											回归方程F值	复相关系数R
	b ₀	b ₁	b ₂	b ₃	b ₁₂	b ₁₃	b ₂₃	b ₁₁	b ₂₂	b ₃₃			
高峰苗/(万/667m ²)	56.35	3.66	1.08	2.85	1.70	-0.97	1.83	-1.20	-0.75	0.76	4.85*	0.8724**	
有效穗/(万/667m ²)	25.22	3.20	0.26	0.55	-0.02	-0.32	0.23	-1.80	-0.13	-0.72	29.16**	0.9815**	
成穗率/%	44.83	3.26	-0.38	-0.99	-1.38	-0.06	-0.86	-2.53	0.37	-1.78	4.33*	0.8920**	
株高/cm	84.01	4.74	0.45	1.04	0.82	-0.15	-0.12	-1.86	0.40	0.19	6.47**	0.9238**	
穗长/cm	6.53	0.32	0.02	0.17	0.16	0.02	0.01	-0.08	0.01	0.08	5.96**	0.9181**	
小穗数	15.46	0.47	-0.01	0.19	0.08	-0.02	0.01	-0.24	0.08	-0.12	6.90**	0.9280**	
穗总粒数	36.72	2.03	0.74	0.69	0.86	0.22	-0.48	-0.26	0.17	0.40	12.44**	0.9581**	
千粒重/g	45.71	-0.84	0.07	0.71	0.01	-0.39	0.53	-0.38	-0.15	-0.17	7.54**	0.9335**	

注: b₀、b_p为因子效应回归方程的偏回归系数,*表示达显著水平、**表示达极显著水平。

表5 三因子对主要经济性状效应的偏回归模型

主要经济性状	N			P ₂ O ₅			K ₂ O		
	$y=b_0+b_1X_1+b_{11}X_1^2$			$y=b_0+b_2X_2+b_{22}X_2^2$			$y=b_0+b_3X_3+b_{33}X_3^2$		
	b ₀	b ₁	b ₁₁	b ₀	b ₂	b ₂₂	b ₀	b ₃	b ₃₃
高峰苗/(万/667m ²)	56.35	3.66	-1.2	56.35	1.08	-0.75	56.35	2.85	0.76
有效穗/(万/667m ²)	25.22	3.2	-1.8	25.22	0.26	-0.13	25.22	0.55	-0.72
成穗率/%	44.83	3.26	-2.53	44.83	-0.38	0.37	44.83	-0.99	-1.78
株高/cm	84.01	4.74	-1.86	84.01	0.45	0.4	84.01	1.04	0.19
穗长/cm	6.53	0.32	-0.08	6.53	0.02	0.01	6.53	0.17	0.08
小穗数	15.46	0.47	-0.24	15.46	-0.01	0.08	15.46	0.19	-0.12
穗总粒数	36.72	2.03	-0.26	36.72	0.74	0.17	36.72	0.69	0.4
千粒重/g	45.71	-0.84	-0.38	45.71	0.07	-0.15	45.71	0.71	-0.17

根据表4中的回归效应方程,将三因子中的任两个因子固定为零水平,得到另一因子的偏回归效应方程(表5),运用微机对这24套偏回归方程进行仿真模拟,分析各因子在[-r~+r]内对各主要经济性状的效应(图1)。

2.3.1 氮素对主要经济性状的效应 在[-r~+r]内,随施氮量的增加,最高茎蘖苗、株高、穗长、小穗数、穗总粒数近似呈直线上升态势,千粒重呈近似直线下降态势,氮素施用量每增加1个单位(6 kg/667m²,下同),最高茎

蘖苗增加量为3.68万穗/667m²左右、株高增加4.73 cm左右、穗长增加0.30 cm左右、每穗的小穗数增加0.48个、穗总粒数增加2.02粒、千粒重降低0.83g。有效穗数、成穗率在[-r~+r]呈抛物线状走势,在[-r~-1]内,氮素

施用量每增加一个单位,有效穗增加4.44万穗/667m²左右,成穗率增加4.99%左右。在[1~+r]内,氮素施用量每增加1个单位,有效下降1.61万穗/667m²左右,成穗率下降3.52%左右(图1)。

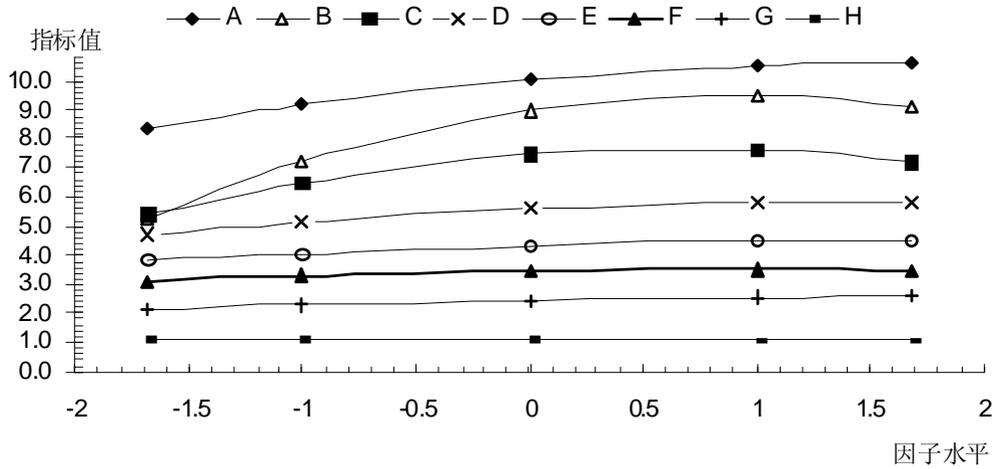


图1 氮素对主要经济性状的效应

A: 高峰苗(图标值×5.6万/667m²); B: 有效穗(图标值×2.8万/667m²); C: 成穗率(图标值×6%); D: 株高(图标值×15 cm); E: 穗长(图标值×1.5 cm); F: 小穗数(图标值×4.5); G: 穗总粒(图标值×15); H: 千粒重(图标值×40 g)。

2.3.2 磷素对主要经济性状的效应 在[-r~+r]内,株高、穗总粒数随P₂O₅施入量的增加,近似呈直线上升态势,P₂O₅施入量每增加1个单位(4 kg/667m²,下同),株高增加0.45 m左右、穗总粒数增加0.71粒。最高茎蘖苗、有效穗、成穗率、千粒重在[-r~+r]内呈抛物线状走势,在[-r~-1]内,P₂O₅的施入量每增加1个单位,最高茎蘖苗增加1.56万/667m²左右,有效穗增加0.37万/667m²左

右,成穗率下降0.65%左右。在[1~+r]内,P₂O₅的施入量每增加1个单位,最高茎蘖苗下降0.88万/667m²左右,有效穗下0.15万/667m²左右,成穗率上升0.66%左右。千粒重在[-r~0]内呈上升态势,P₂O₅的施入量每增加1个单位,千粒重增加0.30 g,在[0~+r]内,P₂O₅的施入量每增加1个单位,千粒重下降0.18g。P₂O₅对穗长和小穗数的影响微弱(图2)。

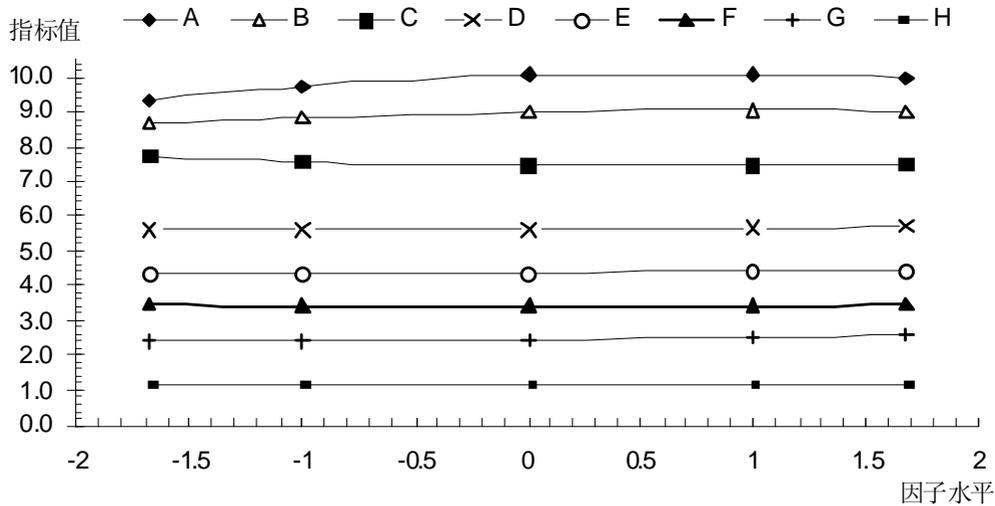


图2 磷素对主要经济性状的效应

2.3.3 钾素对主要经济性状的效应 在[-r~+r]内,最高茎蘖苗、株高、穗长、穗总粒数、千粒重随施K₂O施入量的增加,近似呈直线上升态势,K₂O施入量每增加1个单位(4 kg/667m²,下同),最高茎蘖苗增加2.80万/

667m²左右,株高增加1.04 cm左右,穗长增加0.15 cm,穗总粒数增加0.68粒,千粒重增加0.71 g。有效穗、成穗率和小穗数在[-r~+r]内呈抛物线状走势,在[-r~0]内呈上升态势,K₂O每增加1个单位的施入量,有效穗增

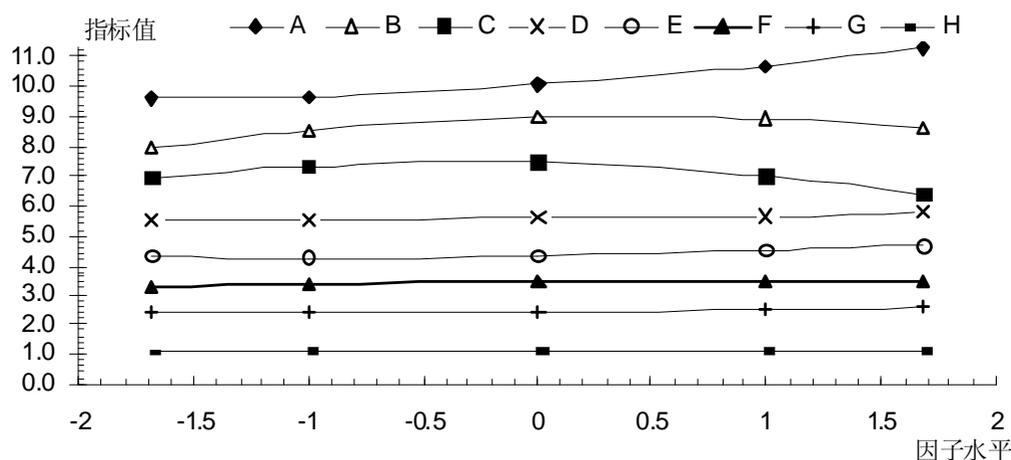


图3 钾素对主要经济性状的效应

加1.72万/667m²左右,成穗率提高2.02%,小穗数增加0.42个,在[0~+r]内,有效穗、成穗率、小穗数呈下降趋势,K₂O每增加1个单位的施入量,有效穗下降0.65万/667m²,成穗率下降0.98%,小穗数减少0.06个(图3)。

2.4 群体性状特征分析

对15个因子水平组合小区的主要经济性状进行分析(表6),可以看出在8个主要经济性状中,变异最大的是有效穗数,实际变幅为15.14~26.35万穗/667m²,平均为23.41万穗/667m²,变异系数CV=14.08。其次是成穗率,实际变幅为34.70~49.11%,平均为42.14%,变异系数CV=10.96。第三是最高茎蘖苗,实

际变幅为41.36~65.22万/667m²,平均为55.54万/667m²,变异系数CV=9.67。第四是穗粒数,实际变幅为31.00~40.40粒,平均为36.93粒,变异系数CV=6.05。第五是株高,实际变幅为65.80~89.40cm,平均为83.12cm,变异系数CV=6.04。第六是穗长,实际变幅为5.70~7.19cm,平均为6.53cm,变异系数CV=5.85。第七是小穗数,实际变幅为13.40~15.90个,平均为15.27个,变异系数CV=3.77。千粒重变化最小,实际变幅为42.91~48.37g,平均为45.30g,变异系数CV=2.29。

性状变异分析表明,在高产栽培条件下,扬麦2号

表6 群体主要经济性状特征分析

主要经济性状	平均	C.V./%	实际变幅		≥400 kg/667m ² 95%置信域	
高峰苗/(万/667m ²)	55.54	9.67	41.36	65.22	55.68	59.42
有效穗/(万/667m ²)	23.41	14.08	15.14	26.35	24.98	25.72
成穗率/%	42.14	10.96	34.70	49.11	42.78	45.70
株高/cm	83.12	6.04	65.80	89.40	84.50	86.67
穗长/cm	6.53	5.85	5.70	7.19	6.57	6.86
小穗数	15.27	3.77	13.40	15.90	15.49	15.68
穗粒数	36.93	6.05	31.00	40.40	37.48	38.88
千粒重/g	45.30	2.92	42.91	48.37	44.45	45.49

群体性状中的千粒重、小穗数、穗长、株高变化幅度较小,表现相对稳定。最高茎蘖苗、有效穗、成穗率、穗粒数4性状的发展变化空间较大,说明扬麦12号获取高产的途径较多,生产中可通过三因子合理组配群体进行有效调控,使各经济性状协调发展来实现高产。在该试验条件下,单产≥400 kg/667m²主要经济性状95%置信域为:高峰苗55.68~59.42万株/667m²、有效穗24.98~25.72万穗/667m²、成穗率42.78~45.70%、株高84.50~86.67cm、穗长6.57~6.86cm、小穗数15.49~15.68个、穗粒数37.48~38.88粒、千粒重44.45~45.49g。

2.5 三因子最佳农艺组合方案寻优

根据数学模型2,在试验约束区域 $-r \leq x_i \leq +r$ 内,利用微机对可能的 $5^3=125$ 套组合方案进行仿真模拟^[10],从中筛选出单产≥400 kg/667m²的高产农艺组合方案有53套,占42.4%,最高单产为473.5 kg/667m²,其编码组合为 $X_1=1, X_2=1, X_3=1$ 。对应的农艺措施为:纯氮量18.0 kg/667m²、P₂O₅ 12 kg/667m²、K₂O 12 kg/667m²。根据53套组合方案中各因子不同水平出现的频率,可得出扬麦12单产≥400 kg/667m²的因子最佳组合编码为 $X_1=0.8821\sim 1.2175, X_2=-0.1046\sim 0.3585, X_3=0.1336\sim$

0.5886, 相应的农艺措施值为: 纯氮 17.29~19.30 kg/667m²、P₂O₅ 7.58~9.43 kg/667m²、K₂O 8.53~10.35 kg/667m², 三因子取平均值时产量为 468.4 kg/667m²(见表 7)。

表 7 单产 ≥ 400 kg/667m² 的农艺组合变量水平频率分析

变量	N(X ₁)		P ₂ O ₅ (X ₂)		K ₂ O(X ₃)		
	次数	频率	次数	频率	次数	频率	
水平	-r	0	0	7	0.13	3	0.06
	-1	0	0	11	0.21	10	0.19
	0	11	0.21	13	0.25	14	0.26
	1	22	0.42	11	0.21	14	0.26
	+r	20	0.38	11	0.21	12	0.23
平均	1.0498		0.1269		0.3611		
S _{xi}	0.0856		0.1181		0.1161		
95%置信域	0.8821~1.2175		-0.1046~0.3585		0.1336~0.5886		
农艺值	17.29~19.30 kg/667m ²		7.58~9.43 kg/667m ²		8.53~10.35 kg/667m ²		

3 小结与讨论

(1)通过对三因子与产量及主要经济性状之间的效应分析,可以看出三因子对扬麦 12 号经济性状影响最大的是有效穗数,其次是最高茎蘖苗,再次是成穗率,第四是穗粒数。千粒重、小穗数、穗长、株高变化幅度较小,表现相对稳定。

(2)适宜的纯氮施用量能促进分蘖的发生和穗发育,能有效提高有效穗数和穗粒数,施氮过多易造成过多的无效分蘖,降低成穗率,使穗型变小而减产;适宜的 P₂O₅、K₂O 施用量有利于最高茎蘖苗、有效穗、穗总粒数、千粒重的提高,当施用量达到一定值后,这几个性状反而开始下降。说明小麦高产栽培的技术途径较多,只要通过肥水措施对最高茎蘖苗、有效穗、穗粒数等群体性状进行合理促控,使群体经济性状协调发展就可实现高产。

(3)根据对产量模型的模拟分析,得出产量 ≥ 400 kg/667m² 主要经济性状 95% 置信域为: 高峰苗 55.68~59.42 万株/667m²、有效穗 24.98~25.72 万穗/667m²、成穗率 42.78~45.70%、株高 84.50~86.67 cm、穗长 6.57~6.86 cm、小穗数 15.49~15.68 个、穗粒数 37.48~38.88 粒、千粒重 44.45~45.49 g。三因子农艺值为: 纯氮 17.29~19.30 kg/667m²、P₂O₅ 7.58~9.43 kg/667m²、K₂O 8.53~10.35 kg/667m², 最高单产为 473.5 kg/

667m², 其编码组合为 X₁=1, X₂=1, X₃=1。对应的农艺措施为: 纯氮量 18.0 kg/667m²、P₂O₅ 12 kg/667m²、K₂O 12kg/667m², 三因子取平均值时产量为 468.4 kg/667m²。

参考文献

- [1] 金善宝. 中国小麦生态[M]. 北京: 科学出版社, 1991: 468-478.
- [2] 李友军, 付国占, 史国安, 等. 小麦高产栽培途径研究[J]. 麦类作物, 1997, 17(4): 50-53.
- [3] 温晓惠, 陈风华, 吕玉亮, 等. “偃展 1 号”肥料运筹技术及其适宜密度研究[J]. 上海农业科学, 2004, 4(285): 46-47.
- [4] 李金才, 屈会娟, 魏凤珍, 等. 播期施氮量对优质小麦产量效应的研究[J]. 河南农业科学, 2005, 2: 8-11.
- [5] 何高, 李成, 孙长锋, 等. 密度、肥料对“建麦 1 号”产量及湿面筋含量的影响初探[J]. 上海农业科学, 2004, 1(282): 41-42.
- [6] 李世清, 王瑞军, 张兴昌, 等. 小麦氮素营养与籽粒灌浆期氮素转移的研究进展[J]. 水土保持学报, 2004, 18(3): 106-111.
- [7] 戴伟峰, 郑淑萍. “扬麦 12 号”最佳施氮量试验研究[J]. 上海农业科学, 2004, 4(285): 48.
- [8] 潘家荣, 邹国元, 魏丽, 等. 群体密度和追氮方法对不同熟相小麦产量效应的差异及对化肥氮去向的影响[J]. 核农学报, 2003, 17(6): 466-471.
- [9] 许明宝, 陈春, 解小林, 等. 密度和肥料对小麦“郑 9023”产量及构成因素的影响[J]. 上海农业科技, 2005, 2: 72-73.
- [10] 徐中儒编著. 农业试验最优回归设计[M]. 哈尔滨: 黑龙江科技出版社, 1988: 131-214.