

喀斯特山区冬小麦施肥量与产量的关系

魏成熙

(贵州大学生命科学学院, 贵州 贵阳 550025)

摘要: 采用三因素饱和 D-1 最优设计方案, 研究黔西县大关镇冬小麦施肥量与产量之间的数量关系。结果表明, 小麦产量随有机肥的施用量的增加而增加, 呈线性相关关系。在一定的范围内, 施用氮肥、磷肥有增产作用, 当氮、磷施用量过高时产量下降, 氮、磷的施用量与小麦产量呈抛物线关系; 施用有机肥和磷肥对小麦产量有显著作用, 而氮肥的施用量不宜过多。其适宜的有机肥施用量为 600~750 kg/667 m², 尿素施用量 9~12 kg/667 m², 普钙施用量 20~42 kg/667 m²。

关键词: 喀斯特山区; 冬小麦; 有机肥; 产量

中图分类号: S147.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2006)03-0060-04

冬小麦在贵州的种植有着较长的历史, 是一种很好的越冬作物, 在粮食结构中占有一定的比例。但是, 由于受喀斯特山区土壤土层较薄以及光照不足等自然环境因素的影响, 小麦的产量较低, 在分带间作种植的条件下, 产量为 80~100 kg/667m²。另外, 小麦的产量不高的主要原因之一是施肥不当。为了提高小麦产量, 解决小麦全省种植面积逐年下降的问题, 我们对小麦的施肥进行了研究, 目的在于探索该地区小麦的合理施肥方案及找到有机-无机

肥料的最适配比, 指导大面积的小麦生产, 提高小麦产量。

1 材料方法

1.1 供试材料

试验地点: 本试验设在毕节地区黔西县大关镇兴新村。海拔 1 150 m, 试验地土壤为黄色石灰土, 质地中壤, 主要养分含量见表 1。供试小麦品种为贵丰 2 号。

表 1 试验地土壤主要养分状况及有机肥养分含量

Table 1 Content of nutrients in testing soils and organic fertilizer

项目 Item	有机质 OM (g/kg)	全氮 total N (g/kg)	全磷 total P (g/kg)	全钾 total K (g/kg)	碱解氮 Avai. N (mg/kg)	有效磷 Avai. P (mg/kg)	速效钾 Avai. K (mg/kg)	pH
土壤 Soil	22.8	1.96	12.5	90.1	2.171	7.4	81.6	7.29
有机肥 OM	37.4	1.77	—	—	874.3	3.7	840.0	8.2

1.2 土壤养分测定方法

碱解氮—扩散法; 速效磷—钼蓝, 分光光度比色法; 速效钾—火焰光度计法^[1]。

1.3 试验设计

本试验在分带、轮间套作的条件下进行。在固定施用钾肥的基础上, 采用施不同有机肥、氮肥、磷肥三因素饱和 D-1 最优设计^[2], 另外加不施肥和只施有机肥的处理组合设计, 共 12 个处理, 随机排列 3 次重复, 共 36 个小区, 小区面积 30 m², 实验设计方案见表 2。

肥料施用: 有机肥、磷肥、钾肥在播前全部作基

肥一次施入; 尿素 1/3 为基肥, 1/3 为蘖肥, 1/3 为穗肥。有机肥为厩肥(养分含量见表一)、氮肥为尿素(N, 46%); 磷肥为过磷酸钙(P₂O₅, 14%); 钾肥为氯化钾(K₂O, 60%)。2003 年 10 月 17 日播种, 播幅 0.5 m, 11 月 27 日出苗, 基本苗数 9 万/667 m², 2004 年 5 月 5 日收割。

出苗后在各小区定点观察记载各生育期, 并取样测定干重和不同生育期氮、磷、钾含量。成熟后按小区收获计产, 同时进行室内考种。在试验过程中除草中耕 2 次。

收稿日期: 2005-09-06

基金项目: 贵州省教育厅基金资助项目(黔教科 2003101)

作者简介: 魏成熙(1954—), 男, 贵州贵阳人, 副教授, 主要从事植物营养与土壤学研究。E-mail: ls_cxwei@gzu.edu.cn

表2 试验方案
Table 2 The testing project

处理 treatment	编码 No.			肥料施用量 Amount of applying fertilizer(kg/667 m ²)			
	X1	X2	X3	厩肥	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	-1	-1	-1	200	6	12	4
2	1	-1	-1	1000	6	12	4
3	-1	1	-1	200	18	12	4
4	-1	-1	1	200	6	60	4
5	-1	α	α	200	13.2	40.6	4
6	α	-1	α	667	6	40.6	4
7	β	β	-1	667	13.2	12	4
8	β	1	1	482	18	60	4
9	1	β	1	1000	10.3	60	4
10	1	1	β	1000	18	18	4
11	-	-	-	600	0	0	4
12	-	-	-	0	0	0	4

注: $\alpha=0.1925$ $\beta=0.2192$

2 结果分析

2.1 冬小麦长势及干物质积累

从小麦各生育期的株高比较可以看出,不同处理小麦苗期的差异很小,至分蘖期后差异明显,所有处理与对照(处理12)相比较差异都达显著水平($P=0.01$)。施用有机肥、氮肥、磷肥三因素的单因子比较,有机肥的效果达极显著水平,处理2在分蘖、拔节、孕穗和成熟期比处理1分别增长5, 7, 3, 4 cm;氮肥对小麦株高影响次之,处理3在分蘖、拔节、孕穗和成熟期比处理1分别增高1.7, 5, 10, 5 cm;磷肥对小麦株高影响最小,处理4在分蘖、拔节、孕穗和成熟期比处理1分别增高0.2, 2.3, 1.5 cm。

试验结果还表明有机肥、氮肥、磷肥三因子的交互作用与小麦株高有一定的关系。经统计,有机肥与磷肥的交互作用对小麦株高的影响达到极显著水

平,其次为氮肥与有机肥的交互作用,而氮肥与磷肥的交互作用对小麦株高影响较小。拔节期,处理6比处理7的株高要高8 cm,处理7比处理5高3 cm,处理9比处理10高4 cm。到成熟期,处理6比处理7高1 cm,处理7比处理5高1.5 cm,处理9比处理10高2 cm,处理10比处理8高3 cm。由此可见,有机肥对小麦生长发育有极重要的作用。

小麦干物质的积累量呈S形曲线。在苗期,由于温度低,代谢速率慢、叶面积小、光合同化量少,干物质积累缓慢。拔节后,气温升高代谢速率加快、光合叶面积增加,干物质积累达到高峰期,积累的干物质可达总量的60%以上。到抽穗成熟阶段,由于叶片衰老凋落,植株的总干物质质量开始下降。但是,由于各处理的营养条件不同,干物质积累状况也有明显差异(见表4)。

表3 各处理不同生育期小麦株高比较

Table 3 Comparison of wheat height in different periods in different treatments

处理 Treatments	苗期 Seedling stage (cm)	分蘖期 Tillering stage (cm)	拔节期 Jointing stage (cm)	孕穗期 Tassel stage (cm)	成熟期 Ripe stage (cm)
1	7.0 ab	16.0 bc	36.0 ab	60.0 bc	80.0 bc
2	7.3 bc	21.5 d	43.0 c	63.0 bc	84.0 de
3	7.5 bc	17.7 c	41.0 bc	70.0 cd	85.0 e
4	7.0 ab	16.7 bc	38.0 b	63.0 bc	81.0 c
5	7.0 ab	16.7 bc	40.0 bc	65.0 c	81.5 cd
6	7.8 bc	21.5 d	51.0 d	70.0 cd	84.0 de
7	7.0 ab	15.7 b	43.0 c	70.0 cd	84.0 de
8	7.0 ab	15.5 b	45.0 cd	71.0 cd	82.0 cd
9	8.0 c	20.5 d	49.0 d	75.0 d	88.0 f
10	8.0 c	20.0 d	45.0 cd	73.0 d	83.0 cde
11	6.5 ab	15.0 b	33.0 a	57.0 b	76.0 b
12	5.0 a	10.0 a	31.0 a	44.0 a	69.9 a

表 4 不同处理各生育期小麦干物质积累情况(g/10 株)

Table 4 The cumulation of dry matter of wheat in different periods in different treatments

生育期 Growth stage	试验处理 treatments											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
苗期 Seedling	50.7	70.2	70.6	70.5	70.5	70.4	80.5	80.3	70.9	80.9	50.1	40.1
拔节期 Jointing	110.7	140.2	140.9	140.1	160.8	190.2	200.6	200.9	210.1	210.3	80.4	50.9
抽穗期 Tassel	370.1	370.4	430.4	390.4	480.6	480.8	470.2	510.2	510.4	510.9	290.8	230.1
成熟期 Mature	430.6	350.9	410.3	410.2	400.3	400.5	460.5	530.9	460.9	380.2	280.9	200.7

经统计在单因子效应中氮肥对小麦干物质积累的影响最为显著,其次是有机肥,再其次是磷肥。有机肥、氮肥、磷肥的交互效应对小麦干物质积累影响是:有机肥、氮肥与磷肥的交互效应显著,其次是有机肥与磷肥的交互效应,再次为有机肥与氮的交互效应。

2.2 冬小麦养分吸收规律分析

小麦在整个生育期,需要的 N、P、K 等养分数目及比例,因品种、自然条件及施肥水平不同有很大差异。大体上为在中等产量水平下,每生产 50 kg 籽粒,需要从土壤中吸取 N 素 1.5 kg, P₂O₅ 0.75 kg, K₂O 1.0~2.0 kg。冬小麦的生育期分为四个阶段,即出苗到分蘖阶段、分蘖到拔节阶段、拔节到抽穗阶段、抽穗到成熟阶段,而在不同的生育期,小麦吸收养分是不同的。在出苗到分蘖阶段,由于受小麦植株体小及自然环境的影响(如气温低等),代谢

弱,从土壤中吸收与积累的养分较少。分蘖到拔节阶段小麦植株体迅速增大,气温升高代谢增强,从土壤中吸收养分速率加快,小麦积累的养分也快速增加。拔节到抽穗阶段需要吸收大量养分,研究表明小麦进入抽穗期干物质积累达到高峰,相应地养分吸收与积累也达到最大值,氮素积累达整个生育期总量的 77% 左右,磷素积累量在 60% 以上,钾素积累在 60% 左右。抽穗到成熟阶段小麦对营养的吸收随生育期推后出现明显减弱的趋势(见表 5)。

2.3 冬小麦农艺性状分析

小麦的经济产量由单位面积的穗数、每穗粒数及粒重 3 个因素构成。这 3 个因素并不是固定不变的,而是互相依赖互相制约的,其变化除受品种内在因素的影响外,还受外部因素影响(施肥量、水分、温度等),本试验施肥量引起的农艺性状变化见表 6。

表 5 小麦不同生育期吸收氮磷钾的量

Table 5 K and P amount absorbed by wheat in different periods

生育期 Growth stage	氮(N)		磷(P ₂ O ₅)		钾(K ₂ O)	
	绝对量 Amount (kg/667 m ²)	占总量比例 Percentage (%)	绝对量 Amount (kg/667 m ²)	占总量比例 Percentage (%)	绝对量 Amount (kg/667 m ²)	占总量比例 Percentage (%)
出苗至分蘖 Seedling-Tillering	1.33	9.10	0.19	3.06	0.79	3.38
分蘖至拔节 Tillering-Jointing	3.05	20.88	0.77	12.42	3.10	13.2
拔节至抽穗 Jointing-Tassel	6.87	47.02	2.82	45.50	10.10	43.32
抽穗至成熟 Tassel-mature	3.36	23.00	2.43	39.19	9.32	40.34
总计 Sum	14.61	100.00	6.20	100.00	23.31	100.00

表 6 不同处理冬小麦的农艺性状

Table 6 The character of wheat in different treatments

性状 Character	不同处理 different treatments											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
穗数(万/667 m ²) Ear count	6.5	6.9	6.9	6.6	7.5	6.8	6.9	8.5	7.9	10.0	5.1	4.0
穗长(cm) Ear length	13.0	14.0	13.0	11.0	13.0	14.0	12.0	15.0	13.0	17.0	9.0	7.0
小穗数(个) Small ear	9.5	9.96	11.1	11.6	10.3	10.3	9.94	10.6	11.2	11.5	8.8	10.3
穗粒数(粒) Number per ear	28.0	30.9	30.3	28.5	31.8	29.7	31.5	39.1	39.6	31.6	20.9	16.1
穗粒重(g) Weight per ear	1.33	1.33	1.29	1.17	1.35	1.37	1.37	1.52	1.26	1.28	0.85	0.64

通过表 6 对各处理分析比较得出,处理 8 的穗数(8.5 万/667 m²)、穗长(15.0 cm)、小穗数(10.6 个)、穗籽数(39.1 粒)、穗粒重(1.52 g)等综合因素都好于其它处理。再者,以上几个因素随着磷肥和有机肥施用量的增加而呈现增加,随着氮肥的施用量的增加而下降的趋势。据研究证明小麦对磷反应敏感,其土壤含有效磷临界值为 5~7 mg/kg,在无磷素小区,小麦减产可达 80%。因为小麦幼穗分化

及发育受体内激素与营养状况的影响^[3,4],磷素除了直接影响小麦的代谢外,也可能影响激素的合成,或是通过增加植株的净同化率,而发生作用。因此,磷营养条件好,小麦幼穗发育时间长,小穗数量增多,导致穗大粒多^[5]。

2.4 冬小麦产量分析

小麦成熟后分小区收获,称其小麦籽粒重量,各小区产量如表 7。

表 7 不同处理小麦产量(kg/667 m²)
Table 7 The wheat yields in different treatments

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
100bc	98de	89e	99.5c	100.5cd	108.1dc	107.6dc	103.3dc	110.0f	107.6cde	67.6d	51.0a

从表 7 不同处理产量水平看出,高有机肥、高氮和磷的处理 9 产量最高达 110 kg/667 m²,其次为处理 6、7、10 产量为 107.6~108.1 kg/667 m²。通过对小麦产量的平均值 Y 进行回归分析处理^[2,7],求得回归方程:

$$Y = 71.63 + 0.0289 X_1 + 3.7917 X_2 + 0.3847 X_3 + 0.0004 X_1^2 - 0.0001 X_2^2 - 0.0026 X_3^2 + 0.0000 X_1 X_2 - 0.2035 X_1 X_3 - 0.0026 X_2 X_3$$

经回归检验 $R = 0.0985$ $F = 14.31^*$ ($F_{0.05} = 8.84$) 试验结果达显著水平。根据统计得到小麦产量与施有机肥、氮肥、磷肥的关系结果(表 8)。

通过以上分析,肥料最佳施用量,应在 $R = -1$ ~ 0 的置信区间。试验最高产量 117.56 kg/667 m²。随着有机肥施用量的增加产量增加,呈直线关系。在一定范围内,随氮肥、磷肥的施用产量增加,而施用量大时产量降低,呈明显的抛物线关系。由于不同土壤中氮素、磷素的容量因素与强度因素不同,因此在施用氮和磷肥时一定要根据土壤的供肥能力而定,这也是平衡施肥必须考虑的重要条件。

表 8 小麦平衡施肥参数(kg/667 m²)

Table 8 Parameters of balanced applying fertilizer for wheat

项目 Item	置信区因素 confidence factors		
	$R = -1$	$R = 0$	$R = 0.2$
厩肥 Barnyard manure	722.000	623.000	604.000
尿素 Urea	11.980	9.690	9.232
普钙 Ca(H ₂ PO ₄) ₂	41.340	23.070	19.410
产量 Yield	117.560	113.580	111.830

3 结果与讨论

试验结果表明,磷素对小麦的生长发育影响极显著。磷是小麦分蘖及幼穗分化发育的制约因素之一,左右了小麦产量。因而,在一定的范围内施用磷肥可提高小麦产量^[6]。但是,不同的土壤由于供应磷素的状况不同,施用磷肥时应根据土壤条件而确定具体的用量。

随着厩肥施用量的增加小麦产量增高,呈直线关系。有机肥具有良好的增产作用,因此对有机肥的投入应适当加大。

各种肥料施用的最佳范围:有机肥施用量 600~750 kg/667 m²;尿素施用量 9~12 kg/667 m²;普钙施用量 20~42 kg/667 m²。由于试验是在实际的大田生产中完成的,所得结果具有一定的推广价值。

参考文献:

- [1] 鲍士旦. 土壤农化分析(第 3 版)[M]. 北京:中国农业出版社, 2000. 30-106.
- [2] 金耀青,张中原. 配方施肥方法及其应用[M]. 沈阳:辽宁科技出版社,1993. 203-207.
- [3] 浙江农业大学. 植物营养学(第 2 版)[M]. 北京:农业出版社出版,1995. 259-278.
- [4] 化学工业部科技情报所,南京化学工业公司. 中国化肥手册[R]. 化工部科技情报所,1992.
- [5] 北京农业大学. 作物营养与施肥[M]. 北京:农业出版社,1991.
- [6] 黄建国. 植物营养学(第 1 版)[M]. 北京:中国林业出版社,2003. 412-418.
- [7] 张全德. 农业试验统计模型和 BASIC 程序[M]. 杭州:浙江科学出版社,1985. 382-443.

(英文摘要下转第 77 页)

Ecological effects of the ecological engineering model “crop-paulownia” on dry-land fields in hilly

FANG Ping¹, CHEN Yu-hua²

(1. State Key Laboratory of Pollution Control and Resources Reuse, College of Environmental Science and Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China;
2. Dept. of Agronomy, Huazhong Agricultural University, Wuhan, Hubei 430070, China)

Abstract: The ecological effects of the dry-land ecological engineering model “Paulownia—maize—wheat—cotton” used in hilly area of central Hubei Province were studied. The results show that, compared with the traditional cultural model of “wheat—sesame”, this model can remarkably improve both the micro-climate of wind and the soil water conditions of the field, reduce the wind velocity 27.7%~45.6%, and increase the soil water content 2.10% averagely in the serious drought season. In addition, this model can increase the organisms growth time and the accumulate temperature ($\geq 10^{\circ}\text{C}$) by 132%~141% and 139.80%~148.90% yearly, respectively. It provides an efficient engineering model for improving ecosystem conditions of large dry-land fields in hilly areas in China.

Keywords: Paulownia; dry-land in hilly; ecological engineering; ecological effect

(上接第63页)

Relationship between the amount of fertilizer applied and the winter wheat yield in Kasta mountain area

WEI Cheng-xi

(College of Life Science, Guizhou University Guizhou, Guiyang 550025, China)

Abstract: The relationship between the amount of fertilizer applied and the winter wheat yield was researched using saturated D-optimized experimental design for 3-factor case. The result showed that wheat yield increased with increase of organic fertilizer use amount, they are correlated linearly. The use of reasonable amount of N and P led to increase of wheat yield, while the use of too much N and P apparently resulted in decrease of the yield. the amount of N and P used and the output of winter wheat are in parabola relation. The use of certain amount of organic fertilizer and P had an obviously effect on the wheat yield. N use could not be too much. The appropriate use amount of organic fertilizer, urea and superphosphate was 600~750 kg/667 m², 9~12 kg/667 m², and 20~42 kg/667 m², respectively.

Keywords: Kasta Mountain area; winter wheat; organic fertilizer; yield