

喀斯特山区肥料运筹 及对玉米生理特征及产量的影响

陆引罡, 远红伟, 刘均霞, 崔保伟

(贵州大学农学院, 贵州 贵阳 550025)

摘要: 以贵州优质高产玉米 PZH-15 为研究材料, 在 N、P、K 配比一致的前提下, 设计不同的肥料用量处理, 研究和分析了其对玉米生理特征及产量的影响。结果表明: 在 $0 \sim 360 \text{ kg/hm}^2$ 的施肥范围内, 肥料能显著增加玉米植株的株高、干物质积累量、叶绿素含量和籽粒产量, 提高根系活力、叶片硝酸还原酶活性; 同时硝酸还原酶活性、干物质积累量、根系活力和叶绿素含量等指标与玉米最终产量呈显著正相关; 在相同的栽培条件下, 将施肥量从 360 kg/hm^2 降至 315 kg/hm^2 , 植株的干物质积累量增加、根系活力、叶片硝酸还原酶活性增强, 但处理间籽粒产量无显著差异。在本实验条件下, 磷肥和钾肥用量分别为 $\text{P } 158 \text{ kg/hm}^2$ 、 $\text{K } 236 \text{ kg/hm}^2$, 氮肥为 $\text{N } 315 \text{ kg/hm}^2$, 且于抽穗期深施追肥是协调养分总量供应与时段分配, 兼顾产量和效益的优化处理。

关键词: 肥料运筹; 喀斯特山区; 玉米; 生理特征; 产量

中图分类号: S147.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2007)06-0052-05

贵州喀斯特山区属于中国西部高原山地, 平均海拔 1 300 m 以上。岩溶地貌发育非常典型^[1], 降雨量少且时间分布集中; 土壤贫瘠且保水保肥性差, 耕作粗放, 土壤水肥资源紧缺^[2,3]。农民为了提高作物的产量^[4,5], 改善作物的品质, 大量施用无机肥料, 同时土壤中的其它主要养分由于过度消耗而得不到补充, 肥料利用效率逐步降低^[6~9], 而且肥料的大量施用已经引起了严重的环境问题; 因此合理运筹肥料^[10~12]是提高肥料利用率、减少污染的重要措施。当前, 有关肥料配比对玉米养分吸收利用及高产生理机理方面的研究已经成熟; 但在肥料配比一致条件下, 不同肥料用量结合生育中期深施追肥对玉米生理特征和产量的影响研究较少。为此, 本试验在喀斯特山区条件下, 以贵州优质高产玉米 PZH-15 为材料, N、P、K 配比为 2:1:1.5, 设计不同的肥料用量处理, 研究和分析了其对玉米生理特征及产量的影响, 分析了其与玉米生育期养分积累量的变化关系, 确定其与产量的关系, 从而为喀斯特山区玉米生产上施肥运筹提供理论依据, 为喀斯特山区玉米的保优、节本、高效栽培体系的形成提供理论参考。

1 材料和方法

1.1 供试材料

本实验于 2006 年 5—9 月在贵州大学农业高科

技示范园区进行, 供试土壤为黄泥土, 肥力中上等, 耕作层有机质 3.83 g/kg , 全氮 1.19 g/kg , 碱解氮 97.89 mg/kg , 速效磷 13.2 mg/kg , 速效钾 117.2 mg/kg 。供试品种为贵州大学农学院选育的优质高产玉米新品种 PZH-15。

1.2 试验设计

实验设六个肥量用量处理, 一个对照, 共七个处理, N:P:K 比为 2:1:1.5; ①不施肥(对照), ②施 N 135 kg/hm^2 , ③施 N 180 kg/hm^2 , ④施 N 225 kg/hm^2 , ⑤施 N 270 kg/hm^2 , ⑥施 N 315 kg/hm^2 , ⑦施 N 360 kg/hm^2 ; 各处理分别用 T1、T2、T3、T4、T5、T6、T7 表示, 小区面积为 $2 \text{ m} \times 7.5 \text{ m} = 15 \text{ m}^2$, 随机区组排列, 每个处理三次重复。氮肥为碳酸氢铵、尿素, 磷肥为过磷酸钙, 钾肥为硫酸钾。氮肥 50% 作为基肥, 50% 作为抽穗期追肥。磷、钾肥根据对应用量和比例全部作基肥施用。2006 年 5 月 25 日播种, 播种密度为 6 万株/ hm^2 ; 除试验因素有差别外, 采用统一的栽培管理措施, 主要包括病虫害防治, 中期除草, 遇旱浇水等。

1.3 测定项目及方法

植株的干物质采用烘干称重法, 根系活力的测定采用 TTC 浸提比色法, 植株叶片硝酸还原酶活性测定采用磺胺比色法、叶绿素含量测定采用酒精比色法。

收稿日期: 2007-03-28

基金项目: 贵州省“十一五”科技攻关重大专项(黔科合 NZ 字(2005)3001)

作者简介: 陆引罡(1962—), 男, 江苏人, 博士, 教授, 主要从事土壤与植物营养研究与教学。E-mail: yuanyuanhang@126.com。

2 结果与分析

2.1 肥料运筹对玉米株高和干物质积累量的影响

为了解玉米的生长发育及养分吸收规律,对玉米不同生育阶段植株高度进行了监测、分析(图 1)可以看出,在吐丝期以前,施肥对玉米显示出很大的株高增加优势,显著性检验表明:5~7 处理间差异不是很大,处理 5-7 与处理 1 差异达到 $\alpha=0.01$ 水平,处理 7 与处理 2 差异达到 $\alpha=0.01$ 水平,处理 5-6 与处理 2 差异达到 $\alpha=0.05$ 水平。干物质是

产量形成的物质基础,在一定范围内,干物质积累越多,籽粒产量也就越高,从图 2 看出,玉米植株干物质积累量随生育期推进而逐渐增加,在大喇叭口期以前,玉米对养分的需求量不多,干物质积累量增加的不是很明显;从大喇叭口期开始,玉米对养分的需求显著增加,肥料对玉米生长发育的作用明显增强。玉米干物质积累主要集中在两个阶段,一个是从大喇叭口期到吐丝期,另一个是从吐丝期到灌浆后期,这两个阶段的干物质积累之和占总积累量的 90% 以上,是施肥的关键期,对最终产量形成至关重要。

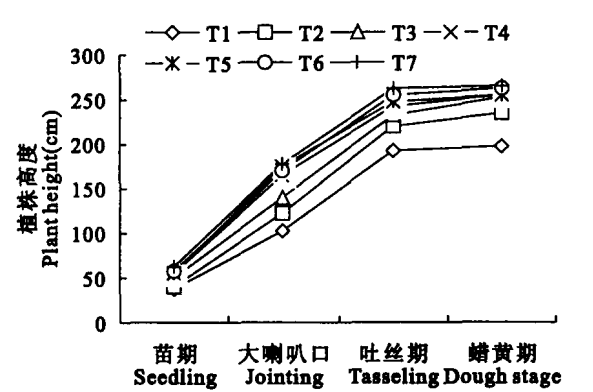


图 1 肥料运筹对玉米株高的影响

Fig. 1 Effects of fertilizer application on plant height

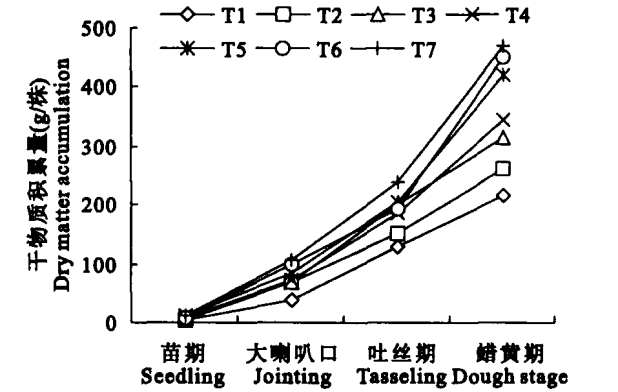


图 2 肥料运筹对玉米干物质积累的影响

Fig. 2 Effects of fertilizer application on dry matter accumulation

2.2 肥料运筹对玉米叶片硝酸还原酶活性和根系活力的影响

硝酸还原酶是植物在对硝态氮同化过程中的第一个酶,对调节植物体内硝态氮同化水平和蛋白质合成具有重要意义。由图 3 可看出,玉米植株叶片的 NRA 变化在生育期内不论施肥与否,在全生育期都呈“^”变化曲线,即从苗期开始上升,在大喇叭口期达到高峰后逐渐下降至成熟期。从施肥的角度来看,肥料能显著增强玉米植株叶片的 NRA,且 T7 比 T3, T6 比 T2 达到显著水平(5% 显著性检验 $r=0.0394$, $r=0.0135$), T7 比 T2, T7 比 T1, T6 比 T1, T5 比 T1 达到极显著水平(1% 显著性检验 $r=0.0026$, $r=0.0002$, $r=0.0013$, $r=0.0052$),施肥对 NRA 的增加量以大喇叭口期最大,平均为 43.26 $\mu\text{g}/(\text{gFW}\cdot\text{h})$ 。根系活力代表了根系新陈代谢活动的强弱,是反映根系吸收功能的一项综合指标;玉米根系活力变化,在生育期内不论施肥与否,都呈现出先增加,到达高峰期后再迅速下降,到成熟期时根系活力已非常低的变化规律;从施肥角度来看,肥料能显著增强玉米的根系活力,且 T7 比 T2, T7 比 T1, T6 比 T1 和玉米根系活力差异都达到极显著水平(1% 显著性检验 $r=0.0075$, $r=0.0005$, $r=$

0.0067)。以上结果表明,在本试验条件下,肥料能显著增强玉米整个生育期,尤其是玉米生育前、中期叶片硝酸还原酶活性和根系活力,对增强玉米对养分和水分的吸收能力、增强玉米的光合作用、提高玉米的抗旱能力,促进后期籽粒灌浆,提高玉米产量产生了积极的影响。

2.3 肥料运筹对玉米叶片叶绿素含量的影响

叶绿素是植株叶片光合作用强弱的重要指标;由图 5 可看出,不论施肥与否,玉米叶片叶绿素含量在生育期内都呈现出先增加,再到吐丝期达到高峰期后逐渐下降,到蜡黄期时含量也较高的变化规律;从施肥角度来看,肥料能显著增加玉米植株叶片的叶绿素含量,且 T7 比 T3, T6 比 T3 达到显著水平(5% 显著性检验 $r=0.0211$ 、 $r=0.0435$), T7 比 T1, T6 比 T1, T5 比 T1, T7 比 T2, T6 比 T2 达到极显著水平(1% 显著性检验 $r=0.0001$ 、 $r=0.0001$ 、 $r=0.0005$ 、 $r=0.0004$ 、 $r=0.0017$)。说明在本试验条件下,肥料对增加玉米叶片叶绿素含量具有明显的促进作用,对增强叶片对光能的吸收和转化、提高光合速率,促进干物质积累,增加植株的总能量,提高玉米产量和改善玉米品质产生了积极的影响。

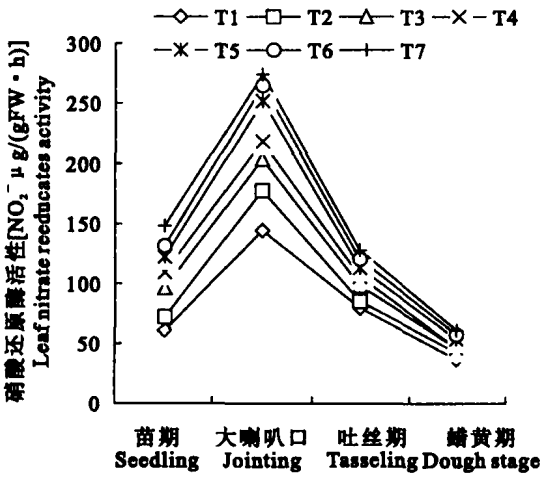


图 3 肥料运筹对玉米叶片硝酸还原酶的影响

Fig.3 Effects of fertilizer application on leaf nitrate reductase activity

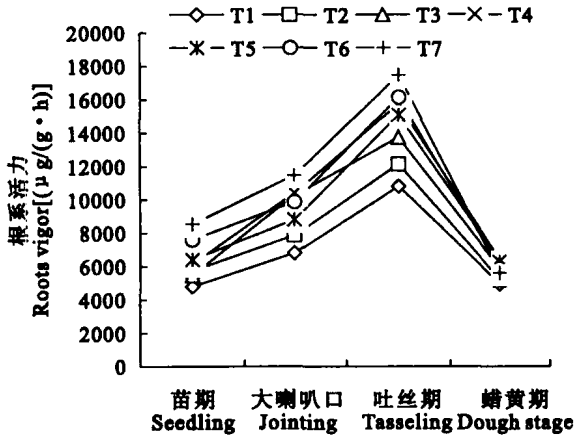


图 4 肥料运筹对玉米根系活力的影响

Fig.4 Effects of fertilizer application on roots vigor

2.4 肥料运筹对玉米产量的影响

从图 6 看出,处理 5~7 产量明显好于其它处理,处理 7 的产量比对照(T1)公顷产量增加 4 955 kg,比处理 2~4 公顷产量增加 2 000~3 665 kg,处理 6 比对照(T1)公顷增产 4 504 kg,比处理 2~3 公顷增产 2 235~3 217 kg。显著性检验表明:处理 5~7 玉米产量之间差异不显著;处理 6~7 与处理 4 差异达到 $\alpha=0.05$ 水平,处理 6、7 与处理 1~3 差异

达到 $\alpha=0.01$ 水平,处理 5 与处理 1、2 差异达到 $\alpha=0.01$ 水平,与处理 3 差异达到 $\alpha=0.05$ 水平。表明在本实验条件下,在肥料用量较低的范围内,随着肥料用量的增加,处理间产量差异显著,适量增施肥料对玉米产量有明显的调控作用;在肥料用量较高的范围内,随着肥料用量的增加,处理间产量差异不显著,肥料的增产优势已经不明显,只有改善种、水、肥等条件产量才能同步增长。

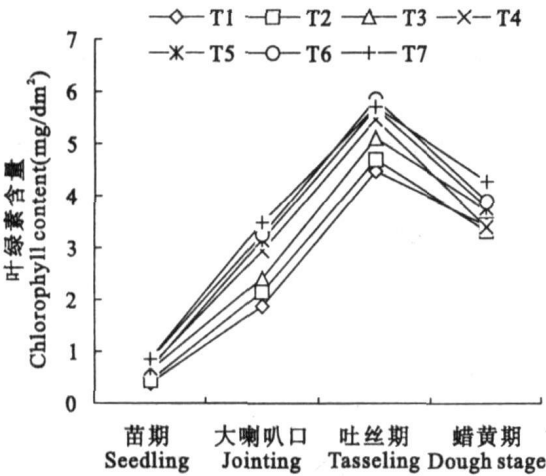


图 5 肥料运筹对玉米叶片叶绿素含量的影响

Fig.5 Effects of fertilizer application on chlorophyll content

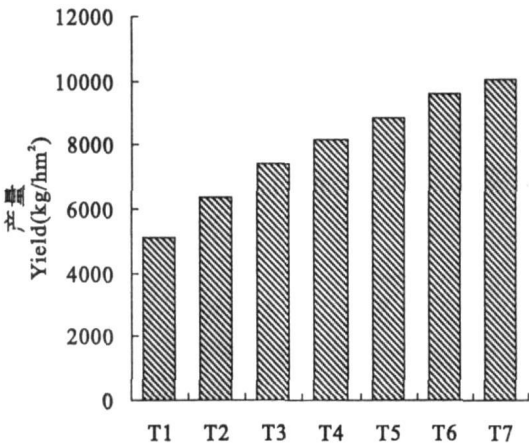


图 6 肥料运筹对玉米产量的影响

Fig.6 Effects of fertilizer application on the yield

2.5 经济效益分析

玉米的价格低,影响到总的产投比值不高,各处理间效益差异不大;从表 1 可以看出, T5、T6、T7 处理的产投比比较高, T1、T2、T3 产投比较低(见表 1);净收益以最大肥料用量(T7)处理最好,达到了 11 488.5 元/hm²。施肥增加的收入是肥料投入的 5.19 倍,其次是 T6 施肥效益达 5.44 倍, T5 为 5.21

倍,以上处理施用肥料的经济效益均很好。肥料的产投比随着肥料的施用量而增加,肥料的回报率有所变化,从不施肥(T1)到中低量施肥(T4),肥料效益(产投比)上升为 5.06 倍,由中低量施肥(T4)到中高量施肥(T6)达 5.44 倍,由中高量施肥(T6)到高量施肥(T7)时下降为 5.19 倍。说明在本实验条

件下,315 kg/hm² 的施氮量是兼顾产量与效益的最佳选择。

表 1 经济效益分析
Table 1 Economic benefit analysis

处 理 Handling	投入 Input (¥/hm ²)	净收益 Net income (¥/hm ²)	对比增收 Comparative income		肥料产投比 Ratio of output to input
			(¥/hm ²)	(%)	
T1(CK)	1500.0	5671.5	—	—	—
T2	1920.0	7057.5	1386.0	24.40%	3.30:1
T3	2059.0	8294.0	2622.5	46.24%	4.69:1
T4	2200.0	9213.5	3542.0	62.45%	5.06:1
T5	2340.0	10386.0	4714.5	83.13%	5.21:1
T6	2480.0	11002.0	5330.5	93.99%	5.44:1
T7	2620.0	11488.5	5817.0	97.63%	5.19:1

3 讨 论

适宜的肥料配比和用量能增强玉米叶片的硝酸还原酶活性和根系活力,增加植株叶片叶绿素含量和干物质的积累总量,提高玉米养分和水分的吸收能力,改善玉米的抗旱能力,增强光合产物积累和向籽粒的分配,对提高玉米产量起到了良好的促进作用。目前关于肥料对比对玉米养分吸收利用及高产生理机理方面已有不少研究,但很少涉及肥料、生理和产量三者的机理联系。本实验条件下,不同基肥基础结合生育中后期抽穗期深施追肥能显著增加玉米植株的干物质积累量、叶绿素含量和籽粒产量,增强玉米根系活力和叶片硝酸还原酶活性;在相同栽培条件下,将施肥量从 360 kg/hm² 降至 315 kg/hm²,植株的干物质积累量增加、根系活力和叶片硝酸还原活性增强,但处理间籽粒产量无明显差异。

实验结果表明:在喀斯特地区中等土壤肥力条件下,氮肥、磷肥和钾肥配比为 2:1:1.5 的情况下,氮肥统筹为 315 kg/hm²,其中 50%于孕穗期深层追施,是提高肥料的利用效率,改善玉米群体结构,促进养分积累,提高粒重,兼顾产量和效益的优化处理。当然,在不同土壤肥力和气候条件下,肥料的增产效果不同,这就需要根据实际的土壤肥力和农业生态系统选择最佳施肥用量,以此协调养分总量供

应与时段分配,提高肥料的利用效率,达到提高玉米产量和改善玉米品质,农业高产和节源增效的目的。

参 考 文 献:

[1] 汤会琳. 贵州省情教程[M]. 北京:西苑出版社,2006.9—27.
[2] 李广敏,关军锋. 作物抗旱生理与节水技术研究[M]. 北京:气象出版社,2001.54—87.
[3] 赵聚宝,梅旭荣. 秸秆覆盖对旱地作物水分利用效率的影响[J]. 中国农业科学,1996,29(2):59—66.
[4] 李志勇,王 璞. 优化施肥和传统施肥对夏玉米生长发育及产量的影响[J]. 玉米科学,2003,11(3):90—93.
[5] 李 锋,刘晓娟,刘世梅. 不同施肥量对玉米生育特性及产量的影响[J]. 吉林农业科学,2006,31(3):53—54.
[6] 冯黎光. 在当前土壤肥力条件下玉米经济施肥研究初报[J]. 吉林农业科学,1990,(4):40—43.
[7] 袁震林. 玉米锌磷肥配施效果的研究[J]. 吉林农业科学,1986,(2):39—42.
[8] 姜文斌. 玉米钾肥肥效的研究报告[J]. 吉林农业科学,1986,(4):58—62.
[9] 赵景云. 吉林省主要土壤 NPK 化肥用量与配比的试验研究七[J]. 吉林农业科学,1987,(4):48—51.
[10] 罗龙学,吴定志,刘尚培,等. 不同施肥比例与玉米产量的关系[J]. 种子,2004,(4):56—57.
[11] 陈小明,丁 峰,邹 忠. 玉米氮、磷、钾肥最佳施用量探讨[J]. 上海农业科技,2006,(4):70—71.
[12] 赵 营,同延安,赵护兵. 不同供氮水平对夏玉米养分累积、转运及产量的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2006,12(5):622—627.

Effects of fertilizer application operation on physiology and yield of maize in Karts Mountainous Areas

LU Yin-gang, YUAN Hong-wei, LIU Jun-xia, CUI Bao-wei

(Agricultural College, Guizhou University, Guiyang, Guizhou 550025, China)

Abstract: Taking PZH—15 as the material, based on the prerequisites of N、P、K with identical matching, designing different fertilizer consumption, the fertilizer operation of maize in Karts area has studied and analyzed the impact on physiological characteristic and output of every fertilizer treatment. The result shows: in 0~360 kg/hm² fertilizer can improve the plant height, dry matter accumulation of maize, nitrogen accumulation, root vigor, leaf nitrate reeducates activity, chlorophyll content and yield, meanwhile the leaves' nitrate reeducates activity, dry matter accumulation and the final output of wheat, root activity and other indicators were significantly correlated; Cultivating under the same conditions and dropping the fertilizer amount from 360 kg/hm² to 315 kg/hm², the dry matter accumulation will be increased, the roots vigor and leaf nitrate reeducates activity will be strengthened, but the yield are not obviously different in the same treatment. In this experimental condition, applying 236 kg/hm² potassium fertilizer, 158 kg/hm² phosphorus, 315 kg/hm² nitrogen and deeply applying top-dress in the ear period is the optimized handling in the total nutrient supply and coordinating distribution periods.

Keywords: fertilizer application; Karts mountainous areas; maize; physiological basis; yield

(上接第 51 页)

Water utilization efficiency, yield and quality of rice under condition of water-saving in the seasonal dry hilly regions of Jiangxi Province

ZHAO Yan-wen^{1,2}, XIAO Xin², HU Feng²

(1. State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering,

Hohai University, Nanjing, Jiangsu 210098; 2. College of Resources and Environmental Sciences,

Nanjing Agricultural University, Nanjing, Jiangsu 210095, China)

Abstract: The biological characteristics of introducing rice cultivars under condition of water-saving and effects of water-saving irrigation on rice growth and grain quality were studied by using 12 introduced rice cultivar and 3 local rice cultivar as material in the seasonal dry hilly regions of southern China. The results showed the early rice, mid-season rice and late rice was under the condition of 10%, 28%, and 26% water-saving respectively, the introduced early rice cultivar Zhangan 27, mid-season rice cultivar Liangyoupeijiu and Wuyunjing 7, late rice cultivar Nongxiang 16 and Zhongxiang 1 has higher economic benefit and ecological benefit, and has a bright prospect of extension in the region. The effective panicle number and plant length in water-saving irrigation was lower than that in common irrigation, but the spikelet length, No. of spikelet per plant, seed setting rate and 1000-grain weight in water-saving was higher than that in common irrigation. Among which effects of water-saving irrigation on the effective panicle number, plant length and No. of spikelet per plant had notable discrepancy in some rice cultivars. Compared with the common irrigation, the brown rice rate, milled rice rate, head rice rate, gel consistency, amylose content and alkali-spreading value was increased, but length/width, chalky grain rate and chalkiness was decreased. Therefore the rice grain quality could be improved in water-saving irrigation.

Keywords: rice; water saving irrigation; WUE; yield; quality