DOI:10.11705/j.issn.1672-643X.2015.01.045

贵州黄壤地区不同施肥处理及降雨量对玉米产量的影响

李 渝[1,2], 张雅蓉[1,2], 张文安[1,2], 蒋太明[2,3]
(1. 贵州省农业资源与环境研究所, 贵州 贵阳 550006; 2. 农业部贵州耕地保育与农业环境科学观测实验站, 贵州 贵阳 550006; 3. 贵州省农业科学院,贵州 贵阳 550006)

摘 要: 为了研究黄壤区不同施肥处理及降雨量对玉米农艺性状及产量的影响,选取2010-2012年间贵州黄壤长期定位监测点中对照、单施常量有机肥、氮磷钾化肥配施及常量有机肥与常量氮磷钾肥配施4个处理,并结合3年作物生长期不同降雨情况进行分析。结果表明:穗粒数与降雨量极显著相关, $r=0.425$,株高与施肥处理相关性最高, $r=0.905$,降雨量丰沛年份(2010年作物生长期降雨量888.5 mm及2012年1031.5 mm),玉米产量受降雨量与施肥处理交互影响,增产效果明显;不同施肥处理、降雨量对穗粒数和行粒数影响较明显,以2012年(1031.5 mm) MNPK处理值最高,分别高出2010年(888.5 mm)、2011年(497.3 mm) MNPK处理10%,13%和17%,1%,且高出2012年CK处理58%和18%;高降雨量和MNPK处理增产效果显著,降雨丰沛的2010和2012年,MNPK处理玉米籽粒产量、秸秆产量及生物产量分别高出2011年13%,17%,15%和18%,12%,15%。

关键词: 玉米; 施肥; 降雨量; 农艺性状; 玉米产量; 黄壤地区
中图分类号:S158.5 **文献标识码**: A **文章编号**: 1672-643X(2015)01-0230-06

Effects of different fertilizer controls and precipitation on corn yield in yellow soil region of Guizhou

LI Yu[1,2], **ZHANG Yarong**[1,2], **ZHANG Wenan**[1,2], **JIANG Taiming**[2,3]
(1. *Guizhou Institute of Agricultural Resources and Environment*, *Guiyang* 550006, *China*; 2. *Scientific Oberving and Experimental Station of Arable Land Conservation and Agriculture Environment*(*Guizhou*), *Ministry of Agriculture*, *Guiyang* 550006, *China*; 3. *Guizhou Academy of Agriculture Science*, *Guiyang* 550006, *China*)

Abstract: In order to study the effects of different amount of fertilizers and rainfall on agronomic traits and yield of corn, the four treatments such as no fertilizer, organic manure, chemical fertilizer, combined application of chemical fertilizer and organic manure were selected to analyze the situation under different fertilizer controls and precipitation in Guizhou from 2010 to 2012. The results showed that kernels per spike highly correlated with precipitation and the correlation index was 0.425, the plant height had the highest correlation with fertilizer controls and the correlation index was 0.905, years of highly precipitation(888.5mm, 1031.5mm for 2010 and 2012 respectively), the corn yield was affected by interaction of precipitation and fertilizer controls, and had significant yield-increasing effect. Different fertilizer controls and precipitation had obvious effect on kernels per spike and kernel number per row, and control of MNPK in 2012 (1031.5mm) was the highest, 10%, 13% and 17%, 1% higher than that of 2010(888.5mm), 2011(497.3mm), respectively, and 58%, 18% higher than CK. The higher precipitation and MNPK control had significantly yield-increasing effect, in highly precipitation year of 2010 and 2012, the grain yield, straw yield and biological yield of corn, 13%, 17%, 15% and 18%, 12%, 15% higher than that of 2011, respectively.

Key words: corn; fertilizer control; rainfall; agronomic traits; corn yield; yellow soil region

收稿日期:2014-09-24; **修回日期**:2014-10-23
基金项目:国家科技支撑计划项目(2012BAD40B03-2); 贵州省科技计划项目(黔科合NY字[2011]3012号); 公益性行业(农业)科研专项(201203030); 贵州省科技计划项目(黔科合院所创能[2011]4002号)
作者简介:李 渝(1983-),男,重庆人,硕士,副研究员,主要从事土壤环境质量方面的研究。
通讯作者:蒋太明(1964-),男,贵州遵义人,博士,研究员,主要从事农业资源利用方面研究。

黄壤是亚热带主要地带性土壤类型,全国 25.3% 的黄壤集中分布在贵州,是贵州主要农业土壤类型,在贵州农业生产中发挥着重要作用。黄壤富铝化作用和水化作用致使黄壤质地粘重,各种理化性质较差,有效水范围窄,而贵州岩溶地貌发育,水资源赋存条件差,年际间水资源差异较大,季节性干旱问题较为突出。因此如何利用好降雨资源是本地区农业可持续发展的关键。近些年,国内外研究重点多集中在旱坡地水分动态及季节性变化等方面[1-4],对黄壤区不同施肥处理及降雨量下作物产量变化的研究却鲜见报道。为此,本研究选取 2010 – 2012 年间黄壤区 4 种不同施肥处理以及玉米生育期降雨量进行分析,找出影响本地区玉米产量的主要限制因素,为当地作物优化施肥以及产量提高提供理论依据。

1　材料与方法

1.1　试验地概况

试验点位于贵州省贵阳市小河区省农业科学院(26°11′N,106°07′E)内,地处黔中黄壤丘陵区,平均海拔 1 071 m,年平均气温 15.3℃,年平均日照时数 1 354 h,相对湿度 75.5%,全年无霜期 270 d,年降雨量 1 100 ~ 1 200 mm,试验区 2010 – 2012 年玉米生育期月平均降雨量如图 1。由图 1 知,2010 年作物生育期总降雨量 888.5 mm,2011 年总降雨量 497.3 mm,2012 年总降雨量为 1 031.5 mm。试验地为旱地黄壤,成土母质为三叠系灰岩与砂页岩残积物。试验开始前耕层土壤(0 ~ 20 cm)基本性质为:有机质 15.15 g/kg,全氮 0.85 g/kg,全磷 0.71 g/kg,全钾 13.3 g/kg,碱解氮 67.9 mg/kg,有效磷 15.9 mg/kg,速效钾 109.2 mg/kg,pH 值为 5.4。

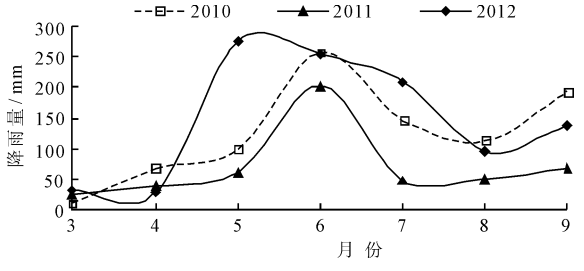


图 1　试验区玉米生育期月平均降雨量

1.2　试验设计

试验共设 12 个处理,本研究选取其中 4 个处理:①不施肥(CK);②单施有机肥(M,年施:N 82.5 kg/hm^2、P_2O_5 39.7 kg/hm^2、K_2O 137.5 kg/hm^2);③常量氮磷钾配施(NPK,年施:N 165 kg/hm^2、P_2O_5 82.5 kg/hm^2、K_2O 82.5 kg/hm^2);④常量有机肥与常量氮磷钾肥配施(MNPK,年总施:N 247.5 kg/hm^2、P_2O_5 122.2 kg/hm^2、K_2O 220 kg/hm^2)。采用大区对比试验,不设重复,小区规格为 40 m × 8.5 m,无灌溉设施,有机肥料为新鲜牛厩肥(施肥量为 30 555 kg/hm^2,其中 N 0.27%,P_2O_5 0.13%、K_2O 0.45%),磷钾肥和有机肥在玉米播种前作为基肥,在玉米生长期中追施 2 次氮肥(尿素),苗期施 69.04 kg/hm^2,喇叭口期施 95.96 kg/hm^2。玉米品种为黔单 16 号。

1.3　样品采集与分析

1.3.1　*土壤样品采集与测定*　由于试验采用大区对比试验,不设重复,为提高试验数据可靠性,采集土壤样品时按大区长度分为上、中、下 3 个部分,分别采样。土样全氮用开式消化法,全磷、全钾用 NaOH 熔融法,碱解氮用碱解扩散法,土样有效磷用 $NaHCO_3$ 法(Olsen 法),速效钾用 NH_4OAC 浸提 – 火焰光度法,有机质用重铬酸钾容量法测定,pH 用 1∶20土水比悬液,pHS – 4C 酸度计电位法[5]。

1.3.2　*玉米农艺性状测定*　在玉米成熟时进行考种,测定玉米的株高、穗长、穗行数、穗粗以及百粒重。玉米成熟期剔除边行植株,与土壤样品采集方式相同,平均分为上、中、下 3 个部分,在每部分中间人工收获两行,收获后的玉米秸秆和风干籽粒均在 70℃条件下烘干 48 h,称量,计算玉米茎、叶生物产量和籽粒产量,籽粒水分控制在 12.0% 以下。

1.3.3　*降雨量记录*　2010 – 2012 年降雨量来源于贵州省农业科学院农业试验综合气象观测场实时监测数据。

1.4　数据统计与分析

试验数据采用 Excel2010、SPSS19.0 软件进行处理统计并作图。

2　结果与分析

2.1　相关性分析

穗粒数与降雨量极显著相关(表 1),按回归系数大小顺序,穗行数,行粒数,百粒重及穗粗分别与降雨量显著相关;株高与施肥处理的相关性最高,r = 0.905,按回归系数大小顺序,穗长、百粒重、穗粒数、行粒数、穗行数以及穗粗也分别与施肥处理方式极显著相关;产量与各农艺性状均达到极显著相关关系,其中与株高、穗长及穗粒数的相关性最高,其余按回归系数大小依次为百粒重、穗行数、行粒数及穗粗。

为了考察影响玉米产量的因素,本文对相关因素:不同施肥处理,生育期总降雨量(mm),土壤有机质含量(g/kg),土壤全氮含量(g/kg),土壤有效氮、磷、钾含量(g/kg)等因素进行相关性分析(表 2)得知:不同施肥处理对玉米产量影响最大,均达到极显著相关,回归系数为 0.867,而降雨量除了与玉米产量显著相关外,与其他因素无明显相关性,因此降雨量也是影响玉米产量的关键因素。

表 1 玉米农艺性状与降雨量、施肥处理及产量的相关分析表

	降雨量	施肥处理	株高	穗长	穗行数	穗粗	百粒重	穗粒数	行粒数	产量
降雨量	1	0.000	0.176	0.202	0.391*	0.342*	0.346*	0.425**	0.375*	0.365*
施肥处理		1	0.905**	0.820**	0.596**	0.519**	0.720**	0.682**	0.604**	0.867**
株高			1	0.859**	0.752**	0.721**	0.746**	0.801**	0.662**	0.914**
穗长				1	0.827**	0.804**	0.818**	0.835**	0.649**	0.847**
穗行数					1	0.879**	0.687**	0.867**	0.558**	0.763**
穗粗						1	0.641**	0.753**	0.475**	0.691**
百粒重							1	0.730**	0.612**	0.792**
穗粒数								1	0.894**	0.834**
行粒数									1	0.715**
产量										1

注:* 表示达 5% 显著水平,** 表示达 1% 极显著水平,下同。

表 2 影响玉米产量因素的相关分析表

	产量	施肥方式	降雨量	有机质	全氮	有效磷	速效钾
产量	1	0.867**	0.365*	0.367*	0.504**	0.768**	0.614**
施肥方式		1	0.000	0.197	0.321	0.814**	0.521**
降雨量			1	0.101	0.168	0.050	0.038
有机质				1	0.948**	0.523**	0.834**
全氮					1	0.632**	0.879**
有效磷						1	0.725**
速效钾							1

由图 2 可知:在不同降雨量条件下,年际间玉米产量均随施肥量增加而增加(图 2),与前人研究结果一致[6-7]。其中 2011 年降雨较少,其曲线波动情况呈现稳步缓慢上升趋势;而 2010、2012 年降雨较丰沛的年份,两条曲线波动情况较一致,都呈现出随着施肥量的增加,产量呈现先快速增加,后又降低再缓慢升高的趋势,这可能与降雨产生径流导致肥料利用率降低有关[8-9];降雨量丰沛年份(2010、2012),各处理间玉米产量明显高于降雨量亏缺年份(2011),但 2010、2012 年的产量差异不大;通过多因素方差分析得知,降雨量亏缺年份玉米产量主要受施肥量影响,但增产效果受降雨限制,而雨水充沛年份,降雨量与施肥量存在着正交互作用,共同影响玉米产量。

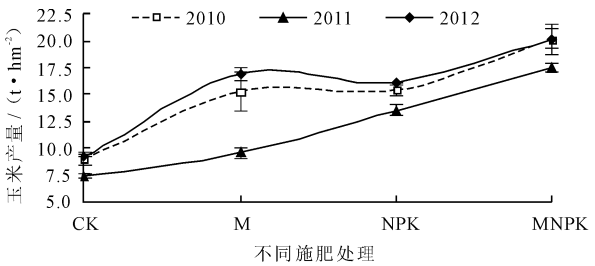


图 2 不同降雨量及施肥处理与产量之间的关系

2.2 方差分析

2.2.1 不同施肥处理及降雨量对玉米农艺性状的影响 表 3 为同一施肥处理不同降雨量对玉米株高、穗长、穗行数、穗粗、百粒重等农艺性状的影响。由表知,CK 处理,不同降雨量对玉米株高、穗长、穗行数、穗粗以及穗粒数的影响差异不明显,百粒重 2010 与 2012 年之间差异不显著,但均略高于 2011 年,行粒数 2012 年最高,2010 与 2011 年差异不显著;M 处理,玉米株高、穗长以及百粒重各年份差异均不显著,穗行数和穗粗以 2011 年最低,较 2010 年低 16% 和 14%,较 2012 年低 18% 和 11%,而穗粒数和行粒数各年份差异显著,以 2012 年最高,分别较 2010 年高 17% 和 16%,较 2011 年高 49% 和 27%;NPK 处理,玉米穗长、穗行数和穗粗各年份差异不大,株高、百粒重、穗行数和行粒数以 2010 及 2012 年较高;MNPK 处理,玉米百粒重和行粒数年际间差异不显著,其它农艺性状也均以 2011 年较低,2010 及 2012 年较高。因此,与 CK 相比,不同施肥处理和降雨量对玉米各农艺性状均造成了一定影响,尤以对穗粒数和行粒数最大,这与董全中

(2006)及高秀兰(1995)等人研究结果一致[10-11]。

表 3　不同降雨量对玉米各农艺性状的影响的差异性分析

施肥处理	年份	株高/cm	果穗长/cm	穗行数/cm	穗粗/cm	百粒重/g	穗粒数	行粒数
CK	2010	195.8 ±7.6a	14.9 ±0.8a	6.6 ±0.8a	4.2 ±0.4a	29.7 ±0.4a	148.8 ±24.6a	22.4 ±0.9b
	2011	195.4 ±7.0a	13.9 ±0.2a	6.6 ±0.8a	4.0 ±0.5a	27.2 ±1.1b	132.4 ±16.7a	20.2 ±0.4b
	2012	199.8 ±1.5a	14.5 ±0.6a	6.4 ±0.8a	4.2 ±0.4a	29.4 ±1.4a	168.2 ±32.6a	26.1 ±1.8a
M	2010	237.4 ±11.5a	16.6 ±0.9a	7.8 ±0.3a	5.0 ±0.2a	32.7 ±3.5a	191.2 ±1.6b	24.5 ±0.9b
	2011	235.0 ±3.1a	15.4 ±0.6a	6.7 ±0.4b	4.4 ±0.3b	29.8 ±0.3a	149.7 ±11.6c	22.3 ±0.9c
	2012	245.6 ±3.5a	16.4 ±1.4a	7.9 ±0.3a	4.9 ±0.2a	33.5 ±2.4a	223.2 ±11.9a	28.4 ±0.7a
NPK	2010	241.7 ±5.6ab	16.2 ±0.5a	7.2 ±0.4a	4.6 ±0.5a	33.4 ±0.7a	170.9 ±11.2a	23.7 ±0.6ab
	2011	234.5 ±3.1b	16.0 ±0.7a	6.6 ±0.4a	4.2 ±0.4a	28.7 ±1.9b	147.7 ±11.0b	22.4 ±0.5b
	2012	243.8 ±3.9a	16.0 ±0.5a	7.5 ±0.8a	4.3 ±0.5a	34.5 ±2.7a	183.4 ±9.2a	24.4 ±1.3a
MNPK	2010	284.0 ±14.5ab	19.0 ±0.7a	8.8 ±0.7a	5.7 ±0.6a	37.9 ±2.0a	240.6 ±9.7ab	27.3 ±2.1a
	2011	262.4 ±12.0b	17.4 ±0.6b	7.4 ±0.4b	4.5 ±0.5b	36.3 ±2.1a	226.2 ±25.6b	30.5 ±1.8a
	2012	290.9 ±7.8a	18.4 ±1.0ab	8.6 ±0.6a	5.4 ±0.5ab	35.6 ±3.7a	265.0 ±8.4a	30.9 ±1.2a

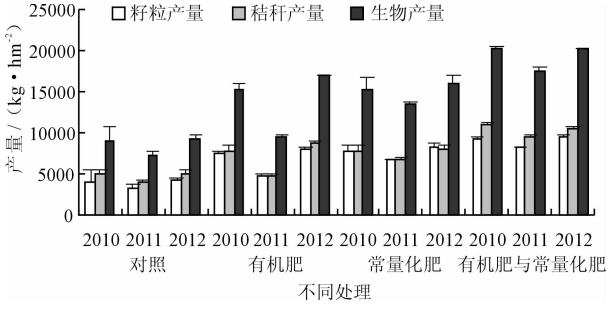
注:表中差异性为同一施肥处理不同年份(降雨量)同一农艺性状的比较。不同小写字母表示 $P<0.05$ 水平差异显著;其中施肥处理 CK 为对照,M 为有机肥处理, NPK 为常量化肥,MNPK 为有机肥配施常量化肥,下同。

表 4 为同一年份不同施肥处理对玉米株高、穗长、穗行数、穗粗、百粒重等农艺性状的影响。降雨较丰沛的 2010 年,各施肥处理间玉米各项农艺性状差异较大,且以 MNPK 处理最高,其中穗粒数、株高和穗粗分别较 CK 高 62%,45% 和 36%,M 处理和 NPK 处理除穗粒数有差别外,其余性状数值相当,但均高于 CK。2011 年不同施肥处理间玉米穗行数和穗粗差异不显著,但其余各项有明显差异,以 MNPK 处理最高,其穗粒数和行粒数分别较 CK 高 71% 和 51%。此外,M 和 NPK 处理间各项农艺性状差异也不显著,百粒重和穗粒数在 CK、M 及 NPK 处理间也无显著差异,其余性状均明显高于 CK。雨水丰沛的 2012 年,MNPK 处理株高和穗长分别较 CK 高 46% 和 27%,M 与 NPK 处理间差别不大,相较于 CK 分别高出 23%,13% 和 22%,10%;而 M 与 NPK 处理穗行数,穗粗及百粒重与 CK 差异不大,与一定高降雨量条件下,施肥的增产效果显著有关[12];穗粒数和穗行数以 MNPK 和 M 处理较高,分别较 CK 高 58%,18% 和 33%,9%,NPK 和 CK 处理差异不大,表明一定降雨量条件下有机肥与化肥配施对玉米农艺性状有明显影响[11]。

2.2.2　不同施肥处理及降雨量对玉米产量的影响

由图 3 可知,与对照相比,不同施肥处理增加了玉米籽粒、秸秆以及生物产量,且不同年份有明显区别,详细分析见表 5、6。

表 5 为同一种施肥处理不同降雨量对玉米籽粒、秸秆及生物产量的影响。由表知,2011 年 CK 处理籽粒产量、秸秆产量及生物产量与 2010、2012 年雨水丰沛年相比,差异显著,各产量均明显低于雨水丰沛年份,而 2010 与 2012 年各产量差异不显著;2011 年籽粒产量、秸秆产量和生物产量分别较 2010 年各产量低 20%,18% 及 19%,较 2012 年低 24%,17% 和 20%;M、NPK 及 MNPK 处理与 CK 处理表现出相同规律,即 2011 年各处理间产量明显低于 2010 和 2012 年(表 5)。由此可知:玉米产量随降雨量增加而增加,与前人研究结果相一致[12-14]。



注:图中横轴中年份代表不同年份玉米生育期(3-9 月)的总降雨量

(其中 2010 年降雨量 888.5 mm,2011 年降雨量 497.3 mm,2012 年降雨量 1031.5 mm)

图 3　不同降雨量及不同施肥量处理下玉米产量

表 6 为同一降雨量下,不同施肥处理方式对玉米籽粒、秸秆及生物产量的影响。得知,2011 年各处理间籽粒、秸秆以及生物产量的差异较大,MNPK 处理产量最高,较 CK 处理分别高 150%、132% 和 140%;NPK 处理各产量较 CK 高 107%、66% 和 85%;M 处理与上述 2 个处理相比,仅较 CK 高 46%、18% 和 31%;可见不同施肥处理对增产有显著作用,其中以 MNPK 效果最佳,其次为 NPK 和 M

处理。在雨水较丰沛年份2010 年,仍然是 MNPK 处理产量最高,其产量分别较 CK 高 127%、124% 和 125%,而 M 和 NPK 处理各产量差别不大,但也分别较 CK 高84%、59%、70%和90%、57%、72%。同样在雨水丰沛年份 2012 年,MNPK 处理产量最高,

表 4 不同施肥处理对玉米农艺性状的影响的差异性分析

年份	施肥处理	株高/cm	果穗长/cm	穗行数/cm	穗粗/cm	百粒重/g	穗粒数	行粒数
2010	CK	195.8 ±7.6c	14.9 ±0.8c	6.6 ±0.8b	4.2 ±0.4b	29.7 ±0.4b	148.8 ±24.6c	22.4 ±0.9b
	M	237.4 ±11.5b	16.6 ±0.9b	7.8 ±0.3ab	5.0 ±0.2ab	32.7 ±3.5b	191.2 ±1.6b	24.5 ±0.9b
	NPK	241.7 ±5.6b	16.2 ±0.5bc	7.2 ±0.4b	4.6 ±0.5b	33.4 ±0.7b	170.9 ±11.2c	23.7 ±0.6b
	MNPK	284.0 ±14.5a	19.0 ±0.7a	8.8 ±0.7a	5.7 ±0.6a	37.9 ±2.0a	240.6 ±9.7a	27.3 ±2.1a
2011	CK	195.4 ±7.0c	13.9 ±0.2c	6.6 ±0.8a	4.0 ±0.5a	27.2 ±1.1b	132.4 ±16.7b	20.2 ±0.4c
	M	235.0 ±3.1b	15.4 ±0.6b	6.7 ±0.4a	4.4 ±0.3a	29.8 ±0.3b	149.7 ±11.6b	22.3 ±0.9b
	NPK	234.5 ±3.1b	16.0 ±0.7b	6.6 ±0.4a	4.2 ±0.4a	28.7 ±1.9b	147.7 ±11.0b	22.4 ±0.5b
	MNPK	262.4 ±12.0a	17.4 ±0.6a	7.4 ±0.4a	4.5 ±0.5a	36.3 ±2.1a	226.2 ±25.6a	30.5 ±1.8a
2012	CK	199.8 ±1.5c	14.5 ±0.6c	6.4 ±0.8b	4.2 ±0.4b	29.4 ±1.4b	168.2 ±32.6c	26.1 ±1.8bc
	M	245.6 ±3.5b	16.4 ±1.4b	7.9 ±0.3a	4.9 ±0.2ab	33.5 ±2.4ab	223.2 ±11.9b	28.4 ±0.7b
	NPK	243.8 ±3.9b	16.0 ±0.5bc	7.5 ±0.8ab	4.3 ±0.5b	34.5 ±2.7ab	183.4 ±9.2c	24.4 ±1.3c
	MNPK	290.9 ±7.8a	18.4 ±1.0a	8.6 ±0.6a	5.4 ±0.5a	35.6 ±3.7a	265.0 ±8.4a	30.9 ±1.2a

注:表中差异性为同一年份(降雨量)不同施肥处理下同一农艺性状的比较。

表 5 不同降雨量对产量的影响的差异性分析

不同施肥处理	年份	籽粒产量/(kg·hm^{-2})	秸秆产量/(kg·hm^{-2})	生物产量/(kg·hm^{-2})
CK	2010	4039.9 ±234.6a	4910.6 ±586.4a	8950.5 ±636.1a
	2011	3245.3 ±166.6b	4048.4 ±118.4b	7293.7 ±192.3b
	2012	4297.6 ±143.9a	4870.4 ±116.5a	9168.0 ±96.6a
M	2010	7428.7 ±1364.9a	7828.2 ±507.1b	15256.9 ±1810.7a
	2011	4740.7 ±459.9b	4779.8 ±261.1c	9520.5 ±538.7b
	2012	8066.0 ±113.5a	8859.2 ±654.2a	16925.2 ±602.7a
NPK	2010	7667.2 ±268.6b	7704.4 ±231.3a	15371.6 ±491.8a
	2011	6729.5 ±172.5c	6729.0 ±403.8b	13458.5 ±526.4b
	2012	8100.4 ±181.9a	7971.7 ±260.2a	16072.1 ±85.8a
MNPK	2010	9164.3 ±795.3ab	10977.5 ±766.8a	20141.8 ±1466.2a
	2011	8113.5 ±101.5b	9400.6 ±338.4b	17514.1 ±418.9b
	2012	9594.2 ±611.4a	10562.7 ±388.0a	20156.9 ±933.4a

注:表中差异性为同一施肥处理不同年份(降雨量)玉米产量比较。

表 6 不同施肥处理对玉米产量的影响的差异性分析

年份(不同降雨量)	不同施肥处理	籽粒产量/(kg·hm^{-2})	秸秆产量/(kg·hm^{-2})	生物产量/(kg·hm^{-2})
2010	CK	4039.9 ±234.6c	4910.6 ±586.4c	8950.5 ±636.1c
	M	7428.7 ±1364.9b	7828.2 ±507.1b	15256.9 ±1810.7b
	NPK	7667.2 ±268.6ab	7704.4 ±231.3b	15371.6 ±491.8b
	MNPK	9164.3 ±795.3a	10977.5 ±766.8a	20141.8 ±1466.2a
2011	CK	3245.3 ±166.6d	4048.4 ±118.4d	7293.7 ±192.3d
	M	4740.7 ±460.0c	4779.8 ±261.1c	9520.5 ±538.7c
	NPK	6729.5 ±172.5b	6729.0 ±403.8b	13458.5 ±526.4b
	MNPK	8113.5 ±101.5a	9400.6 ±338.4a	17514.1 ±418.9a
2012	CK	4297.6 ±143.9c	4870.4 ±116.5d	9168.0 ±96.6c
	M	8066.0 ±113.5b	8859.2 ±654.2b	16925.2 ±602.7b
	NPK	8100.4 ±181.9b	7971.7 ±260.2c	16072.1 ±85.8b
	MNPK	9594.2 ±611.4a	10562.7 ±388.0a	20156.9 ±933.4a

注:表中差异性为同一年份(降雨量)不同施肥处理下玉米产量比较。

NPK 处理各产量较 CK 高 123%,112% 和 120%,M 和 NPK 处理的籽粒产量和生物产量差异不明显,但分别较 CK 高 88%、85% 和 88%、75%,而 M 处理秸秆产量高于 NPK 处理的 11%,又分别较对照高 82% 和 64%,与前人研究结果,有机肥与化肥配施可以提高肥料利用率,使作物增产,较不施有机肥产量高且差异达显著一致[11,15-16]。

3 结 语

综上所述,贵州黄壤地区有机质含量较高,3 年玉米试验结果表明:玉米产量及其农艺性状均受到降雨量及施肥的影响,由于降雨的区域性和不确定性对作物生长的影响较大,本研究区域 2010 - 2012 年不同降雨量对玉米产量影响明显不同,在生产活动中,可人为调节肥料适时补充及防止玉米生长期干旱等措施来调控、提高玉米产量。通过研究分析玉米产量与降雨量及不同施肥处理的相互关系,对今后黄壤地区合理利用水肥因素来指导生产,实现玉米等粮食作物的丰产丰收具有重要意义。

参考文献:

[1] 蒋太明,魏朝富,谢德体,等. 贵州中部喀斯特地区黄壤持水性能的研究[J]. 水土保持学报,2006,20(6):25 - 29.

[2] 蒋太明. 贵州喀斯特山区黄壤水分动态及其影响因素[D]. 重庆:西南大学,2007.

[3] 戴智慧,蒋太明,刘洪斌. 土壤水分入渗研究进展[J]. 贵州农业科学,2008,36(5):77 - 80.

[4] Khare D, Jat M K, Ediwahyunan. Assessment of counjunctive use planning options: A case study of Sapon irrigation command area of Indonesia[J]. Journal of Hydrology, 2006,328(3 - 4):764 - 777.

[5] 杨剑虹,王成林,代亨林. 土壤农化分析与环境监测[M]. 北京:中国大地出版社,2008:26 - 79.

[6] 方 正,乐自祥,王 祥,等. 品种、密度、施肥对玉米产量的影响研究[J]. 农业科技与信息,2010(17):13 - 14.

[7] 王明泉,苏 俊,李春霞,等. 不同密度及施肥量对玉米品种龙单 42 产量的影响[J]. 黑龙江农业科学,2014(5):49 - 51.

[8] 付伟章,史衍玺. 模拟降雨条件下肥料品种与施肥方式对氮素径流流失的影响[J]. 水土保持学报,2013,27(3):14 - 17 + 58.

[9] 梁新强,陈英旭,李 华,等. 雨强及施肥降雨间隔对油菜田氮素径流流失的影响[J]. 水土保持学报,2006,20(6):14 - 17.

[10] 董全中,杨兴勇,张 勇,等. 降雨量不足对大豆产量及农艺性状影响的研究[J]. 大豆通报,2006(3):5 - 8.

[11] 高秀兰,肖千明,娄春荣,等. 辽河平原不同土壤类型优化配方施肥对玉米产量的影响[J]. 国外农学 - 杂粮作物,1995(3):42 - 44.

[12] 李桂花,张艳萍,胡克林. 不同降雨和灌溉模式对作物产量及农田氮素淋失的影响[J]. 中国农业科学,2013,46(3):545 - 554.

[13] 赵京考,卢 静,谷思玉,等. 降雨量和氮素对黑土区春玉米产量的影响[J]. 农业工程学报,2011,27(12):74 - 78.

[14] 于永文. 大连金石滩 1990 - 2010 年降雨影响玉米生产分析[J]. 辽宁农业科学,2012(6):25 - 28.

[15] 师朝霞,姚江波. 有机肥、密度及品种对玉米产量的影响研究[J]. 中国农业信息,2014(1):34 - 37.

[16] 俄胜哲. 西北半干旱黄绵土区长期施肥的作物产量及土壤质量响应[D]. 兰州:兰州大学,2012.

(上接第 229 页)

(5)将斗渠以下作为田间控制单元,对田间水利用系数进行概化,对研究灌区灌溉水利用系数的精度产生了一定影响,建议在今后的研究中,对田间水利用系数的确定进行深入研究。

参考文献:

[1] 高 峰,赵竞成,许建中,等. 灌溉水利用系数测定方法研究[J]. 灌溉排水学报 ,2004,23(1):14 - 20.

[2] 许建中,赵竞成,高 峰,等. 灌溉水利用系数传统测定方法存在问题及影响因素分析 [J]. 中国水利,2004(17):39 - 41

[3] 河南省人民胜利渠管理局. 人民胜利渠引黄灌溉五十年[M]. 郑州:黄河水利出版社,2002.

[4] 中国灌区协会. 渠道防渗技术论文集[M]. 北京:中国水利水电出版社,2003.

[5] 张 霞,李新刚,陈利利. 渠道水利用系数计算方法及误差分析[J]. 节水灌溉,2009(4):49 - 51.

[6] 姜秀芳,张 霞,张钦武,等. 青铜峡灌区引黄用水与地下水位响应关系分析[J]. 水资源与水工程学报,2012,23(4):148 - 150.

[7] 彭世彰,王 莹,陈 芸,等. 灌区灌溉用水时空优化配置方法[J]. 排灌机械工程学报,2013,31(3):259 - 264.

[8] 许 迪,蔡林根,茆 智,等. 引黄灌区节水决策技术应用研究[M]. 北京:中国农业出版社,2004.

[9] 高占义,许 迪. 农业节水可持续发展与农业高效用水[M]. 北京:中国水利水电出版社,2004.

[10] 田 园. 刘好智水利文选[M]. 北京:中国农业科技出版社,2001.