

六盘山区旱作春玉米养分投入与肥料生产效率

夏海雪^{1,2}, 陈雪娇¹, 张旭东¹, 赵 冀¹, 杨 琳³, 张 鹏¹, 韩清芳^{1,2}

(1. 农业部西北黄土高原作物生理生态与耕作重点实验室/西北农林科技大学农学院, 陕西 杨凌 712100;
2. 西北农林科技大学中国旱区节水农业研究院, 陕西 杨凌 712100; 3. 宁夏农林科学院固原分院, 宁夏 固原 756000)

摘 要:为了明确半干旱地区玉米生产养分投入状况及肥料生产效率,提高旱地农业资源效率,连续三年对宁夏六盘山区不同类型旱地玉米施肥及生产状况进行调查。调查结果显示:六盘山区玉米生产中的氮肥(纯 N)、磷肥(P_2O_5)和钾肥(K_2O)的平均投入量分别为 $323.7, 210.1 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 和 $28.6 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 氮、磷、钾比例为 $1 : 0.64 : 0.08$, 磷的比例偏高,而钾肥比例偏低;氮、磷施肥量明显偏高,分别集中在高于 $330 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 和高于 $165 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 水平的农户比例高达 48.5% 和 70.1%,造成了浪费和环境污染,钾肥用量偏低,集中处于低于 $42 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 水平,样本比例高达 69.3%;施肥基追比大致为 $6 : 4$,追肥主要为尿素,平均用量为 $121.9 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,适宜玉米生长,但施追肥量处于两个极端,大多数追肥量或者很高或者很低;调研区玉米三年平均产量为 $9\,864 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,由于降雨不足与施肥不合理,玉米产量呈逐年递减趋势;氮肥、磷肥和钾肥的三年平均偏生产力分别为 $30.7, 47.8 \text{ kg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $391.3 \text{ kg} \cdot \text{kg}^{-1}$,氮肥和磷肥的偏生产力偏低。该区域玉米生产有机肥投入以牛羊粪便为主,投入量偏低。综上所述,调研区施肥方面存在投入量和比例不合理问题,需进行科学指导与调整。

关键词:春玉米;养分投入;肥料效率;旱地

中图分类号:S513.06 **文献标识码:**A

Nutrient input and fertilizer production efficiency analysis for dry-cultivation spring maize in dryland of Liupanshan area

XIA Hai-xue^{1,2}, CHEN Xue-jiao¹, ZHANG Xu-dong¹, ZHAO Ji¹, YANG Lin³, ZHANG Peng¹, HAN Qing-fang^{1,2}

(1. Key Laboratory of Crop Physi-ecology and Tillage in Northwestern Loess Plateau, Minister of Agriculture /College of Agronomy, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2 Chinese Institute of Water-Saving Agriculture Research in Arid Areas, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 3 Guyuan branch of Ningxia agriculture and forestry academy; Guyuan, Ningxia 756000, China)

Abstract: In order to explore the nutrient input and efficiency of fertilizer use of maize production in semi-arid region. A three-year consecutive investigation and analysis was carried out in Liupanshan area. The result showed that: (1) Average input of pure N, P_2O_5 , and K_2O fertilizer in maize production were $323.7 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, $210.1 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ and $28.6 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ respectively; The ratio of pure N, P_2O_5 , and K_2O fertilizer was $1:0.64:0.08$, The the proportion of P fertilizer was higher, and K fertilizer was lower; (2) Dosage of N and P fertilizer were higher, and the percentage of farmers who applied fertilizer higher than $330 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ and $165 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ of N and P fertilizer were 48.5% and 70.1% respectively, which was a waste and would cause environment pollution; Use of K fertilizer was lower, the percentage of K fertilizer application was lower than $42 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ was as high as 69.3%. The top-dressing fertilizer was mainly urea, and its average dosage was $121.9 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, the ratio of basal and topdressing fertilizer was approximately $6 : 4$, which suited maize growth. But the individual topdressing dosage had two extreme, in most cases it was very high or very low. (3) The average yield of maize in research area in three years was $9\,864 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$. Due to the poor rainfall and irrational fertilizer application from 2013 to 2015, the maize yield

declined year by year; (4) The PFP (Partial fertilizer productivity) of pure N, P_2O_5 , and K_2O fertilizer was $30.7 \text{ kg} \cdot \text{kg}^{-1}$, $47.8 \text{ kg} \cdot \text{kg}^{-1}$ and $391.3 \text{ kg} \cdot \text{kg}^{-1}$ respectively in the three years, the PFP of pure N, P_2O_5 were lower. The input of organic fertilizer in the research area was mainly cow and sheep dung, and it's low. In conclusion, in Liupanshan area, the input dosage and proportion of fertilizer were irrational, which need a scientific guidance and adjustment.

Key words: spring maize; nutrient input; efficiency of fertilizer; dryland

玉米是宁夏重要的粮食作物之一,已超过小麦成为宁夏第一大粮食作物,其产量的 25% 用于外销,剩余则用于饲料及医药原料等^[1]。宁夏旱地玉米生产主要分布在南部六盘山区,在宁夏玉米生产中占据着很重要的位置,包括固原市的四县一区,中卫市的海原县、吴忠市的同心和盐池县共 8 县区,2014 年种植面积占全区的 44%,产量占全区总量的 41%。

该地区生态极为脆弱,57% 以上的耕地为旱作耕地。近年来,旱地覆膜栽培方式取得了突破性的进展,极大地推动了宁南旱作玉米生产的发展,玉米种植面积和单产都有了很大提高^[1-2],但该区玉米产量仍受水分、养分等因素的制约。

研究显示,施用肥料对玉米单产的贡献率达到 55% 左右^[3],靠增加化肥投入量,使玉米的产量得到了很大的提升,但也存在化肥施用过量、磷钾肥配比不当等问题。目前我国已成为世界上最大的肥料生产国和消费国^[4],至 2011 年,我国单位耕地面积化肥使用量已高达 $468.7 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ^[5],而小麦、玉米和水稻的化肥利用率只有 37%、26% 和 37%^[6],远低于世界发达国家 60%~80% 的水平,其中,玉米的氮肥、磷肥、钾肥的利用率分别为 32%、25%、43%,肥料农学效率为 $9.8 \text{ kg} \cdot \text{kg}^{-1}$,虽然已经达到了国际所认可的适宜范围,但仍处于较低的水平,与 Dobermann^[7] 提出的粮食作物氮肥农学效率为 10~30 $\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、氮肥利用率为 30%~50% 的适宜范围尚有较大差距。

统计显示,1980~2010 年宁夏化肥用量由 17.7 万 t 增至 102.6 万 t^[8],30 年间全区化肥的投入量增长了 5.8 倍。然而随着产量和化肥用量的不断提高,肥料的利用率却并未随之迅速增长,并出现了降低的情况,农业生产成本也变得偏高^[9]。过量施肥不仅浪费肥料资源,而且使土壤养分贡献率和化肥偏生产力随着施肥量的增加均呈降低趋势^[10]。

化肥的过量使用不仅增加了农业生产成本,而且过量施用氮磷肥引起的环境污染,也越来越受到重视^[11-13]。宁夏半干旱地区长期以来农田生产力水平较低,随着玉米在该区域种植面积的不扩

大,受限于天然降水短缺,依赖增加化肥投入来增加产量成为生产上的主要举措。因此,2013~2015 年连续三年,选择该区域主要的雨养耕地类型对旱地玉米的施肥与生产状况进行调查分析,为指导农户正确施肥提供依据,提高生产效益,降低该区域施肥不当而引发系列生态环境问题的风险。

1 材料与方法

1.1 调研区域概况

调查区域为宁夏六盘山区典型的半干旱雨养农业区彭阳县,平均海拔 1 800 m,耕地面积 2 528.65 hm^2 ,其中旱耕地占 90% 以上。该区气候干旱,水资源匮乏,40 年全年平均降雨量为 410 mm,玉米生育期平均降雨量为 339 mm,且各年际间分布不均匀,近 20 多年来,降水量平均减少了 37.8 mm^[11],严重影响了玉米生产潜力的发挥,其中调查区域在调查三年间降雨量分别为 622 mm (丰水年),341 mm (欠水年) 和 404 mm (平水年)。该区域土地贫瘠,经测定塬地耕层 0~40 cm 土壤有机质含量为 $8.48 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,碱解氮含量为 $39.25 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,速效磷含量为 $4.60 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,速效钾含量为 $112.30 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,pH 值为 8.5,属低等肥力水平。粮食作物以春玉米为主,生产上主要种植方式为全膜双垄沟。

1.2 调查样本及方法

采取随机抽样调查方法,自 2013 年开始,在宁夏选择代表六盘山区主要地形特征的彭阳县城阳乡 (塬地)、红河乡 (山地梯田) 和新集乡 (山川平地),每一个乡选择 3 个代表村,每一个村随机选取 15 户以上的农户,总共约 140 户左右,通过为期三年的定点走访进行了玉米施肥现状的问卷调查。调查内容主要包括当地玉米施肥概况,施用肥料的种类、数量及施用方法、有机无机肥投入量及比例,基肥与追肥的种类、数量及比例,施肥方式及习惯等。调查数据用 EXCEL 软件进行整理分析。

1.3 化肥偏生产力 (PEP) 的计算

$$PEP = Y/F$$

其中, Y 为收获的玉米籽粒产量; F 为化肥 (纯 N,

P₂O₅,K₂O)的投入量。

2 结果与分析

2.1 调研区域玉米籽粒产量水平

结合宁南地区近十多年的研究^[14-15]与调查数据,以接近三年平均产量(9 864 kg·hm⁻²)的10 000 kg·hm⁻²为玉米适中产量,上下浮动 10%为其适中范围,上下浮动 10%~30%为偏高或偏低水平,上下浮动 30%以上为很高或很低水平,将产量分为很低、偏低、适中、较高、很高 5 个级别,每一级别浮动值为 2 000 kg·hm⁻²,对调研区每一农户实际籽粒

产量进行具体评价(表 1)。从 2013—2015 年间,调研区域的玉米产量呈逐年递减趋势,由 2013 年的 11 357 kg·hm⁻²降低为 2015 年 8 744 kg·hm⁻²,其中 2013 年(丰水年)67.4%的农户产量集中在偏高水平;2014 年(欠水年)53.1%的农户集中在适中水平;而 2015 年(平水年)有 66.5%的农户产量低于 9 000 kg·hm⁻²,甚至低于 7 000 kg·hm⁻²,产量处于偏低和很低水平。三年产量差异较大,一方面因各年降雨量不同;另一方面可能与连续施肥不当有关。三年平均产量为 9 864 kg·hm⁻²,适中水平的平均比例仅为 34.0%。

表 1 六盘山区旱地玉米单产水平

Table 1 Maize yield in dryland of Liupanshan area

年份 Year	农户总数 Total number	很低 Lowest <7000 kg · hm ⁻²		偏低 Lower 7000~9000 kg · hm ⁻²		适中 Moderate 9000~11000 kg · hm ⁻²		偏高 Higher 11000~13000 kg · hm ⁻²		很高 Highest >13000 kg · hm ⁻²		平均用量 Average /(kg · hm ⁻²)
		农户数	比例	农户数	比例	农户数	比例	农户数	比例	农户数	比例	
		Household	Ratio/%	Household	Ratio/%	Household	Ratio/%	Household	Ratio/%	Household	Ratio/%	
2013	135	0	0.0	11	8.1	31	23.0	91	67.4	2	1.5	11357
2014	147	9	6.1	47	32.0	78	53.1	11	7.5	2	1.4	9476
2015	146	15	10.3	82	56.2	38	26.0	11	7.5	0	0.0	8760
平均 Average			5.3		32.1		34.0		17.8		1.9	9864

2.2 调研区玉米氮、磷、钾肥用量分析

结合在相似条件下的有关玉米养分投入的研究结果^[10,16-20,22],调研区以 10 000 kg·hm⁻²为玉米适中产量时,适宜的肥料养分投入量如下:氮素养分 300 kg·hm⁻²,磷素养分 150 kg·hm⁻²,钾素养分 60 kg·hm⁻²。以适宜养分投入量上下浮动 10%为适中水平,高于或低于 10%~30%分别为偏高或偏低水平,高于或低于 30%分别为很高或很低水平,以此将调研区域施肥量分为很低、偏低、适中、偏高、很高 5 个水平。

2.2.1 调研区玉米氮肥用量

分析表明(表 2),宁

南地区玉米施氮量平均值在 299.6~336.3 kg·hm⁻²,三年平均施氮量为 323.7 kg·hm⁻²。按照施肥分级标准的 5 个等级对农户的氮肥投入量进行分级评价。

农户氮肥的投入量在很高(>390 kg·hm⁻²)和偏高(330~390 kg·hm⁻²)这两个水平农户数较多,且比例有逐年增加的趋势,三年来偏高和很高平均比例分别为 23.7%和 24.8%。三年间,适中施氮肥水平的农户所占比例平均仅 21.1%。很低、偏低所占平均比例分别为 12.6%、17.9%。因此应通过指导农户合理施用以提高氮肥利用率。

表 2 六盘山区旱地玉米氮肥投入水平

Table 2 Dosage of pure N fertilizer for dryland maize of Liupanshan area

年份 Year	农户总数 Total number	很低 Lowest <210 kg · hm ⁻²		偏低 Lower 210~270 kg · hm ⁻²		适中 Moderate 270~330 kg · hm ⁻²		偏高 Higher 330~390 kg · hm ⁻²		很高 Highest >390 kg · hm ⁻²		平均用量 Average /(kg · hm ⁻²)
		农户数 Household	比例 Ratio/%	农户数 Household	比例 Ratio/%	农户数 Household	比例 Ratio/%	农户数 Household	比例 Ratio/%	农户数 Household	比例 Ratio/%	
2013	135	26	19.3	40	29.6	31	23	14	10.4	24	17.8	299.6
2014	147	17	11.6	11	7.5	31	21.1	51	34.7	37	25.2	336.3
2015	146	10	6.8	24	16.4	28	19.2	38	26.0	46	31.5	335.2
平均	Average		12.6		17.9		21.1		23.7		24.8	323.7

2.2.2 调研区玉米磷肥用量 调研数据显示(表 3),六盘山区旱地玉米施磷量在 208.5~229.7 kg·hm⁻²,三年平均施磷量为 210.1 kg·hm⁻²。根据适宜施磷量的施肥分级标准,将施磷量分为很低、偏低、适中、偏高及很高 5 个等级,对农户的磷肥投入

量进行分级评价发现,磷肥用量比氮肥更加集中,也集中分布在很高(>195 kg·hm⁻²)这一水平,三年平均比例为 52.3%,尤其是 2014 年。很低、偏低和偏高所占比例 3 年平均分别为 5.3%、6.4%和 17.8%,适中平均比例也仅 18.2%。70.1%的农户磷肥

投入量在偏高($>165\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)以上水平。

2.2.3 调研区玉米钾肥用量 分析表明(表 4),六盘山区旱地玉米施钾量为 $18.7\sim 35.1\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,三年平均为 $28.6\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。根据该地区玉米适中产量对应的适宜施钾量,以 $60\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 为适宜的施钾量,按照施肥分级标准农户的施肥投入量进行分级评价。

钾肥用量集中在很低这一水平,农户比例三年平均为 69.3%,2013 年比例高达 93.3%;偏低、适中、偏高、很高所占平均比例分别为 16.0%、18.2%、17.8%、1.9%。综合分析,调研区超过 80%的农户施用钾肥低于适中水平。

表 3 六盘山区旱地玉米磷肥用量水平

Table 3 Dosage of pure P fertilizer for dryland maize of Liupanshan area

年份 Year	农户 总数 Total number	很低 Lowest <105 kg · hm ⁻²		偏低 Lower 105~135 kg · hm ⁻²		适中 Moderate 135~165 kg · hm ⁻²		偏高 Higher 165~195 kg · hm ⁻²		很高 Highest >195 kg · hm ⁻²		平均用量 Average /(kg · hm ⁻²)
		农户数 Household	比例 Ratio/%	农户数 Household	比例 Ratio/%	农户数 Household	比例 Ratio/%	农户数 Household	比例 Ratio/%	农户数 Household	比例 Ratio/%	
2013	135	3	2.2	12	8.9	36	26.7	24	17.8	60	44.4	208.5
2014	147	6	4.1	13	8.8	17	11.6	15	10.2	96	65.3	229.7
2015	146	14	5.3	2	1.4	24	16.4	37	25.3	69	47.3	192.1
平均 Average			5.3		6.4		18.2		17.8		52.3	210.1

表 4 六盘山区旱地玉米钾肥用量水平

Table 4 Dosage of pure K fertilizer for dryland maize of Liupanshan area

年份 Year	农户 总数 Total number	很低 Lowest <42 kg · hm ⁻²		偏低 Lower 42~54 kg · hm ⁻²		适中 Moderate 54~66 kg · hm ⁻²		偏高 Higher 66~78 kg · hm ⁻²		很高 Highest >78 kg · hm ⁻²		平均用量 Average /(kg · hm ⁻²)
		农户数 Household	比例 Ratio/%	农户数 Household	比例 Ratio/%	农户数 Household	比例 Ratio/%	农户数 Household	比例 Ratio/%	农户数 Household	比例 Ratio/%	
2013	135	126	93.3	4	3.0	0	26.7	1	0.7	4	3.0	18.7
2014	147	83	56.5	36	24.5	28	11.6	0	0	0	0	35.1
2015	146	85	58.2	30	20.5	27	16.4	0	0	4	2.7	32.1
平均 Average			69.3		16.0		18.2		17.8		1.9	28.6

2.2.4 调研区玉米施追肥量 调研数据(表 5)显示,宁南六盘山区玉米使用追肥全部为尿素,追肥量在 $118.8\sim 126.4\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 范围内,三年平均为 $121.9\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,占总施氮量的比例为 37.7%。根据学者相关研究^[16],该地区以 $120\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 为适宜的追肥量,按照施肥分级标准将追肥量分为很低、偏低、适中、偏高及很高 5 个等级,对农户的追施肥量进行分级评价。

六盘山区旱作玉米的追肥量处于很低与很高两个极端,二者总计所占比例 2013 年为 91.5%;2014 年为 66.1%;2015 年为 72.5%。而三年适中水平比例平均仅为 6.1%,很低、很高的农户比例分别为 33.8%和 42.9%。因此,在追肥施用量上,需对农户进行科学指导。

表 5 六盘山区旱地玉米追肥量水平及比例

Table 5 Dosage and ratio of topdressing fertilizer for dryland maize of Liupanshan area

年份 Year	农户 总数 Total number	很低 Lowest <90 kg · hm ⁻²		偏低 Lower 90~110 kg · hm ⁻²		适中 Moderate 110~130 kg · hm ⁻²		偏高 Higher 130~150 kg · hm ⁻²		很高 Highest >150 kg · hm ⁻²		平均用量 Average /(kg · hm ⁻²)
		农户数 Household	比例 Ratio/%	农户数 Household	比例 Ratio/%	农户数 Household	比例 Ratio/%	农户数 Household	比例 Ratio/%	农户数 Household	比例 Ratio/%	
2013	135	62	45.6	7	5.1	1	0.7	2	2.6	62	45.9	120.5
2014	147	45	30.7	36	24.5	12	8.2	10	9.5	52	35.4	118.8
2015	146	37	25.2	19	12.9	14	9.5	8	5.1	69	47.3	126.4
平均 Average			33.8		14.2		6.1		5.7		42.9	121.9

2.3 调研区玉米施肥种类与施肥方法

通过对调研数据的分析发现,调研区旱地玉米偏施化肥现象非常普遍,施肥以化肥氮肥、磷肥为主,有机肥施用量较少,有机肥投入占总投入氮和磷养分的比例不到 20%(图 1)。化肥氮肥主要施用尿素,磷肥则以磷酸二铵为主;有机肥以牛羊粪便为主。调查还发现,玉米生产过程并没有微量元素肥料的投入。

不同肥料采用不同的施用方法;氮肥及磷肥均为基肥撒施,追肥通过穴施的方式;有机肥以粪肥

为主,施肥方法为翻耕前撒施;秸秆则主要为粉碎翻埋还田施入。

2.4 调研区有机与无机肥料投入量及比例

调研区玉米生产养分投入总量中无机肥和有机肥三年投入纯氮量的平均值分别为 $264.4\text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 和 $32.1\text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,比例分别为 81.7%和 18.3% (图 1);磷养分(P_2O_5)无机肥和有机肥三年投入量的平均值分别为 $166.7\text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 和 $39.5\text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,投入比例分别为 80.8%和 19.2%(图 2);玉米生长所需的钾肥都是以有机肥施入。

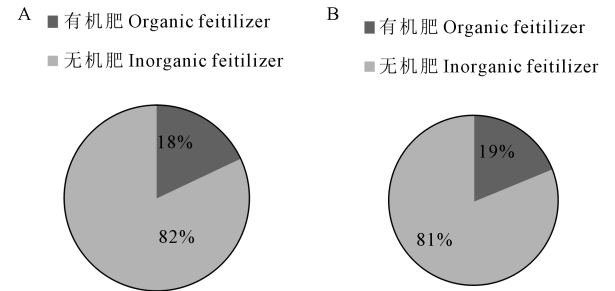


图 1 六盘山区旱地玉米氮肥 (A) 及磷肥 (B) 中有机、无机肥投入比例

Fig.1 Rate of organic and inorganic fertilizer in nitrogen (A) and phosphate (B)

2.5 调研区肥料偏生产力分析

调研区域玉米肥料偏生产力分析表明 (图 2),同时受降雨量和施肥水平的影响,氮肥偏生产力有逐年降低的趋势,磷肥偏生产力总的趋势为下降,钾肥偏生产力虽然有所下降,但仍然很高。氮肥、磷肥和钾肥的三年平均偏生产力分别为 30.7 、 $47.8\text{ kg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $391.3\text{ kg} \cdot \text{kg}^{-1}$,由于氮肥和磷肥的施用量偏高,两者的偏生产力均较低。

3 讨 论

2013–2015 年调研区的降雨量分别为 622、341 mm 和 404 mm,2013 年,施肥量较另外两年少,但在降雨量较充足的情况下玉米产量较高,而 2014、2015 年,降雨量和施肥量相差均不大,但产量反而降低,产量的降低并非降水的原因,可能是由于连续施肥不当而致。

梁改梅^[21]等研究认为,在氮磷钾三种主要养分肥料中,如果保持其中两种的用量不变,那么,玉米产量会随着第三种肥料用量的提高而呈抛物线变化,在产量达到最高点后如果继续增加肥料,不但使得成本变高,而且产量也会降低。在六盘山区旱地的调查数据分析表明,2013—2015 年,调研区玉米产量呈逐年递减趋势,由 2013 年的 $11\,357\text{ kg} \cdot$

hm^{-2} 降低为 2015 年 $8\,744\text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,初步分析一方面受降雨量的影响,另一方面是由于施肥过高,导致土壤累积的养分过高,因此不利于玉米降水较少年份的生长导致产量下降。

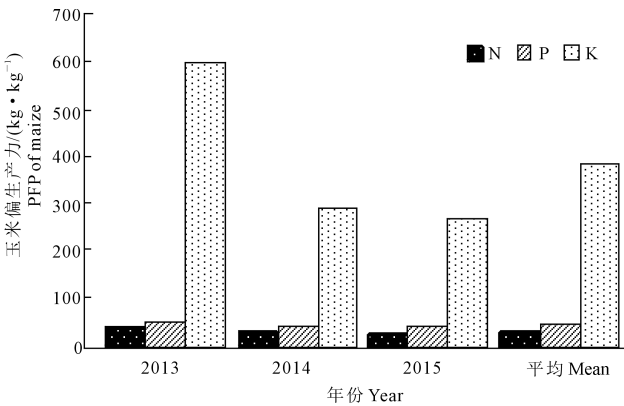


图 2 六盘山区旱地玉米肥料偏生产力分析
Fig.2 Analysis of PFP for dryland maize fertilizer in Liupanshan area

吴良全等^[22]研究认为,玉米生产需要的氮磷钾最佳配比为 $1 : 0.41 : 0.29$,宁南为 $1 : 0.51 : 0.25$,而调研发现在六盘山区玉米生产实际中施肥的氮磷钾比例为 $1 : 0.64 : 0.08$,与适宜施肥量差距相差很大,偏重施磷肥、不施钾肥的现象十分严重,这样会造成磷肥的严重浪费;且生产中不施用微量元素,会使得土壤中的微量元素得不到补充而限制其他养分资源生产效率的提高。

何文寿^[23]研究提出,近 30 年来,宁南地区土壤碱解氮及有效磷的含量均在增加,两者的平均增长率分别 0.49%和 1.31%,这与调研地区施肥量较高有着密切关系。通过连续 3 年的定点调查数据也表明,旱地玉米生产中农户的氮肥和磷肥施肥量均偏高,超出适中水平的农户平均比例分别占到 48.5%和 70.1%,只有 19%左右的农户适量施用氮肥和磷肥。因此,减少氮肥和磷肥的施用量应成为指导农户施肥的重点,另外,超过 80%的农户会进行追肥,这一措施有利于玉米的生长和产量提高,并利于改善玉米籽粒品质,但增加了玉米生产的人工投入。

已有研究提出^[24],玉米生产中,施用钾肥比不施用钾肥产量高 15%左右,葛玮健等研究表明^[21]在不施钾的情况下,会导致土壤钾素亏缺,20 年间,土壤钾素累计亏缺 $617 \sim 4\,333\text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,因此,玉米生产中,施用钾肥是很有必要的。而本文的调查数据显示六盘山区旱地玉米钾肥施用量很低,有 85.3%的农户未达到钾肥的适量水平。随着生产的持续,作物籽粒对土壤钾的大量携出,长此以往,土壤中的钾肥得不到补充会渐渐变少。但另有研究^[23]得

出宁南地区的土壤速效钾含量并未随时间而变化,因此建议设计定位试验来研究施钾不足对土壤速效钾的效应。

已有研究表明^[26-27],调查区域玉米施氮适宜的基追比为 6 : 4,调研数据显示,调研区基追平均比为 6.3 : 3.7,接近适宜的基追比,但农户个体施用追肥量处于两个极端,或者过高,过低,追肥量尚需进行科学指导调控。

张福锁^[3]等研究表明,我国玉米氮肥、磷肥、钾肥的偏生产力分别为 51.6,72.4 kg · kg⁻¹和 64.7 kg · kg⁻¹,而调研区 3 个不同降水年型的平均氮肥、磷肥和钾肥偏生产力分别仅为 30.7、47.8 kg · kg⁻¹和 391.3 kg · kg⁻¹,均远低于全国水平。肥料偏生产力主要受产量和肥料投入 2 个因素的影响,调研区肥料偏生产力较低可能受降水不足影响产量提高与施肥量过高的影响。调研区施肥以化肥投入为主,而有机肥料投入氮和磷养分三年平均比例不足 20%。玉米生产过程会产生大量的秸秆,因此,建议调查区域进一步开展玉米秸秆还田研究与示范,增加有机肥种类及用量,以保证土壤持续的良好结构和玉米的正常生长发育。

4 结 论

1)六盘山区农户玉米施肥存在的施肥量过高、重氮磷、轻钾、肥料配比不合理、有机肥投入量偏低等诸多问题,需进行科学指导与调整。

2)氮、磷施肥量明显偏高,分别集中在高于 330 kg · hm⁻²和高于 165 kg · hm⁻²水平的农户比例高达 48.5%和 70.1%,造成了浪费和环境污染;而钾肥用量偏低,集中处于低于 42 kg · hm⁻²这一水平,样本比例高达 69.3%;氮磷钾比例为 1 : 0.64 : 0.08,磷的比例偏高,而钾肥比例偏低;调研区玉米三年平均产量为 9 954 kg · hm⁻²,由于施肥不合理,玉米产量呈逐年递减趋势。氮肥、磷肥和钾肥的三年平均偏生产力分别为 30.7、47.8 kg · kg⁻¹和 391.3 kg · kg⁻¹,氮肥和磷肥的偏生产力偏低。

3)建议该区域旱地玉米的氮肥合理使用量为 270~330 kg · hm⁻²,基追比建议为 6 : 4;磷肥合理使用量为 140~160 kg · hm⁻²,钾肥合理施用量为 60 kg · hm⁻²并增施有机肥。

参 考 文 献:

[1] 李新,许志斌,余奎军,等.宁夏玉米产业的现状和发展[J].种子,2009,28(9):104-106.

[2] 王秀康,李占斌,邢英英.覆膜和施肥对玉米产量和土壤温度、硝态氮分布的影响[J].植物营养与肥料学报,2015,21(4):884-897

[3] 曹国军,刘宁,李刚,等.超高产春玉米氮磷钾的吸收与分配[J].水土保持学报,2008,22(2):198-201.

[4] 张福锁,王激清,张卫峰,等.中国主要粮食作物肥料利用率现状与提高途径[J].土壤学报,2008,45(5):915-924.

[5] 洪传春,刘某承,李文华.我国化肥投入面源污染控制政策评估[J].干旱区资源与环境,2015,29(4):1-6.

[6] 李静,李晶瑜.中国粮食生产的化肥利用效率及决定因素研究[J].农业现代化研究,2011,32(5):565-568.

[7] Dobermann A R. Nitrogen use efficiency—state of the art[R]. Frankfurt, Germany: The IFA International Workshop on Enhanced-Efficiency Fertilizers, 2005:28–30.

[8] 宁夏回族自治区统计局.宁夏统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2011.

[9] 何文寿.宁夏植物营养与肥料研究现状与展望[J].农业科学研究,2013,34(1):54-60.

[10] 李博宇,李玉玲,张鹏,等.半干旱区玉米根域集雨种植模式下的施肥效应研究[J].干旱地区农业研究,2015,66(6):52-57.

[11] 郑良永.农业施肥与生态环境[J].热带农业科学,2004,24(5):79-84.

[12] 王庆林,李继云.论合理施肥与土壤环境的可持续性发展[J].环境科学进展,1999,7(2):116-124.

[13] 张智,林莉,梁培.宁夏气候变化及其对农业生产的影响[J].中国农业气象,2008,29(4):402-405.

[14] 杨国虎,常学文,李强,等.宁夏玉米区域试验玉米产量及其相关性状分析[J].种子,2013,32(5):66-68.

[15] 马玉兰.宁夏测土配方施肥技术[M].银川:宁夏人民出版社:356-357.

[16] 于振文.作物栽培学各论北方本(第二版)[M].北京:中国农业出版社,2013.

[17] 王艳敏,王平.西北半干旱地区不同氮磷钾配施对玉米生理指标及产量的影响[J].西北农业学报,2008,17(6):79-83.

[18] 田生昌,马建军,钱云德,等.种植密度与施氮量对宁夏玉米产量和氮肥肥效的影响[J].宁夏大学学报(自然科学版),2014,35(1):71-77.

[19] 马存军,王伟,孟苞.彭阳县南部山区玉米田土壤养分丰缺指标体系的建立[J].内蒙古农业科技,2013,(6):70-71.

[20] 王平,王艳敏.甘肃陇西地区不同氮磷配施对春玉米养分吸收的影响[J].土壤通报,2009,40(5):1135-1138.

[21] 梁改梅,池宝亮,李娜娜,等.不同氮磷钾施肥配比和施肥用量对玉米产量的影响[J].安徽农业科学,2014,42(25):8573-8574,8577.

[22] 吴良泉,武良,崔振岭,等.中国玉米区域氮磷钾肥推荐用量及肥料配方研究[J].土壤学报,2015,52(4):802-817.

[23] 何文寿.宁夏农田土壤耕层养分含量的时空变化特征[J].土壤通报,2004,35(6):710-714.

[24] 谭德文,金继运,黄绍文.长期施钾对东北春玉米产量和土壤钾素状况的影响[J].中国农业科学,2007,40(10):2234-2240.