

新疆塔城地区滴灌玉米施肥现状与减施对策

张皓禹^{1,2}, 孟超然², 白如霄³, 赵海蓓², 吕小凡², 危常州², 张新疆²

(1. 中国石油大学胜利学院, 山东 东营 257061; 2. 石河子大学农学院, 新疆 石河子 832003;

3. 新疆生产建设兵团第九师农业科学研究所, 新疆 额敏 834601)

摘 要: 对新疆塔城地区滴灌玉米生产施肥现状进行3年的农户调研, 分析玉米施肥中存在的主要问题, 提出相应解决途径。调研结果表明, 化肥平均施用量为 N 378 kg/hm², P₂O₅ 189 kg/hm², K₂O 56 kg/hm², 氮磷投入明显高于全国平均水平; 氮肥偏生产力 44.2 kg/kg, 低于全国平均水平; 磷肥基施农户平均占比 54.0%, 滴灌水肥一体化的优势没有充分发挥。存在肥料种类单一、有机肥施用比例低等问题。建议采用水肥一体化和水溶肥、降低磷肥作基肥比例、降低氮磷比、提高有机肥施肥比例等措施, 进一步提高玉米产量和肥料效率。

关键词: 玉米; 农户调研; 施肥; 化肥减量; 对策

中图分类号: S513.062

文献标识码: A

Fertilization Status and Countermeasures to Reduce Fertilizer Input for Drip-Irrigated Maize in Tacheng Region, Xinjiang

ZHANG Hao-yu^{1,2}, MENG Chao-ran², BAI Ru-xiao³, ZHAO Hai-bei², LÜ Xiao-fan²,

WEI Chang-zhou², ZHANG Xin-jiang²

(1. Shengli College, China University of Petroleum, Dongying 257061;

2. Agronomy College, Shihezi University, Shihezi 832003;

3. Agricultural Research Institute, 9th Division, Xinjiang Construction Corps, Xinjiang 834601, China)

Abstract: Fertilization status in maize production in Tacheng region of Xinjiang was surveyed for 3 years. The main problems in maize fertilization were revealed and the possible solutions to the problem were proposed. It was found that the average chemical fertilizer input for N, P₂O₅, K₂O was 378, 189 and 56 kg/ha, respectively. The input of N and P was obviously higher than the national average. The average partial factor productivity(PFP) for N in this area was 44.2 kg/kg, which was lower than the national average. About 54% of the farmers applied P fertilizer as basal application before planting, indicated that the advantage of drip irrigation is not fully exploited. Also, few types of fertilizers were used, and the use of organic fertilizer was overlooked. It is suggested that farmers should be guided to convert from furrow/broadcast fertilization to fertigation gradually. The water-soluble fertilizers should be used to match drip irrigation system, reduce the proportion of P fertilizer as base fertilizer, reduce the N/P ratio, and increase the proportion of organic fertilizer, so as to further improve fertilizer utilization efficiency and maize yield in Tacheng.

Key words: Maize; Farmer survey; Fertilization; Chemical fertilizer reduction; Countermeasures

中国化肥用量居世界首位^[1], 且化肥消费量还在逐步上升^[2]。施肥可以提高作物单产, 但过量施

肥导致增肥不增产、增肥不增收现象严重。盲目追求产量而不合理施肥会导致作物产量波动、耕地质量下降、肥料利用率低、生产成本增加等问题^[3], 同时还带来了一系列生态环境安全问题^[4]。我国农业部出台了《到2020年化肥使用量零增长行动方案》^[5], 其主要工作是进一步优化施肥结构、调整施肥方式、使肥料利用率稳步提高和控制化学肥料用量进一步增加。不同农业生产区域存在的施肥不合理问题也不尽相同。孙建好等^[6]通过农户调研表

录用日期: 2020-06-20

基金项目: 国家重点研发计划(2017YFD0201808)

作者简介: 张皓禹(1995-), 山东东营市, 助教, 主要从事环境生态与植物营养。E-mail: 849592583@qq.com
张新疆为本文通讯作者。

E-mail: xinjiangzhang0218@126.com

明,甘肃河西走廊地区高台县玉米种植化肥过量投入,施肥不合理,肥料利用率普遍低于全国平均水平。孙旭霞^[7]通过农户调研表明,廊坊市农户同样存在化肥过量施用问题。王浩等^[8]调研发现,渭北旱塬区玉米过量施氮现象严重。本研究通过农户调研分析当前新疆塔城地区滴灌玉米施肥现状及存在的问题,提出相应的减肥增效措施,掌握塔城地区农户施肥技术现状,为实现课题减肥增效目标和新疆塔城地区滴灌玉米生产科学施肥提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 调研区域概况

新疆塔城地区位于新疆维吾尔自治区西北部、伊犁哈萨克自治州中部,东经 $82^{\circ}15' \sim 85^{\circ}10'$,北纬 $45^{\circ}25' \sim 47^{\circ}03'$,包括塔城市、额敏县、裕民县、托里县、乌苏县和兵团九师。面积 $40\,000\text{ km}^2$ 左右,人口50余万。该地区主要种植玉米、小麦、甜菜、加工番茄、红花、向日葵等作物,玉米种植面积为 $2.12 \times 10^5\text{ hm}^2$,占总耕地面积的34.02%。额敏、塔城市是本地区玉米生产的主要区域,其玉米种植面积占塔城地区总面积60%以上。塔城地区属北温带大陆性气候,冬季漫长而寒冷,夏季短暂而燥热,水资源缺乏,其农业用水主要来源于地下水和雪山融水;塔城地区的光热资源丰富,日照时间长、生长季温度高,

是全国玉米高产产区之一。全年日照时数为 $2\,500 \sim 3\,029\text{ h}$,有效积温 $2\,884 \sim 3\,632^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$,无霜期 $119 \sim 137\text{ d}$,年平均降水量 $267 \sim 458\text{ mm}$,年蒸发量 $1\,626 \sim 1\,995\text{ mm}$ 。

1.2 调研方法

农户调研于2017~2019进行,以问卷调查结合全年跟踪进行,通过记录农户全年农事操作,形成调研结果。调研内容包括玉米种植户人员信息、玉米种植面积、品种、产量、施肥方式、施肥时期、施肥量及肥料种类等。2017年调研单位包括塔城地区第九师163团、164团和166团,收回有效问卷24份;2018年调研单位包括第九师团结农场、163团和164团,收回有效问卷30份;2019年调研单位包括第九师163团、164团和团结农场,收回有效问卷38份,合计92份。4个调研团场均分布于塔城地区玉米主栽市县,其栽培模式、施肥方式、施肥量等均能代表当地玉米田间管理模式。

肥料偏生产力(PFP)=子粒产量/养分投入量。

1.3 数据处理与分析

采用 Excel 2013 进行数据整理和作图,采用 SPSS 18.0 进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 玉米种植情况

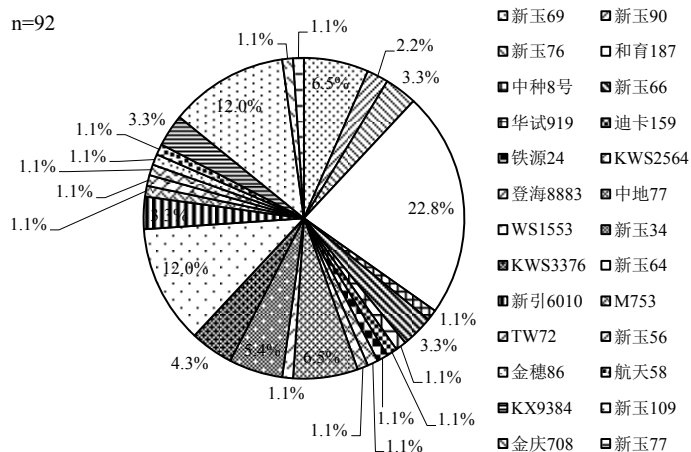


图1 2017~2019年塔城地区玉米种植品种占比

Fig.1 Maize varieties ratio planted in Tacheng region from 2017 to 2019

图1为3年来塔城地区玉米主栽品种调查结果。该地区玉米品种较多,共有26个玉米品种进行种植,其中,和育187所占比例最高,其次是新玉64和新玉69。调研发现,塔城地区玉米品种基本为早熟-中熟高产品种,未形成优势品种。图2为调研农户玉米种植面积情况,该地区玉米种植户经营规模

较大,种植面积在 $5 \sim 10\text{ hm}^2$ 的农户比例占45.7%,最大玉米种植面积达 33.3 hm^2 ,较大经营规模有利于大型机械应用,降低生产成本。图3为玉米种植户对肥料的选择情况,调研中发现,该地区农户针对化肥种类选择较为单一,氮肥主要以尿素为主;磷肥主要采用磷酸一铵、磷酸二铵,其中,磷酸二铵所占

比例达 77.2%;钾肥以硫酸钾占比较大,对于复合肥的使用比例较低。该地区农户施用有机肥的比例较

低,仅为 13.0%,其主要原因是肥源不足,该地区秸秆还田率为 100%。

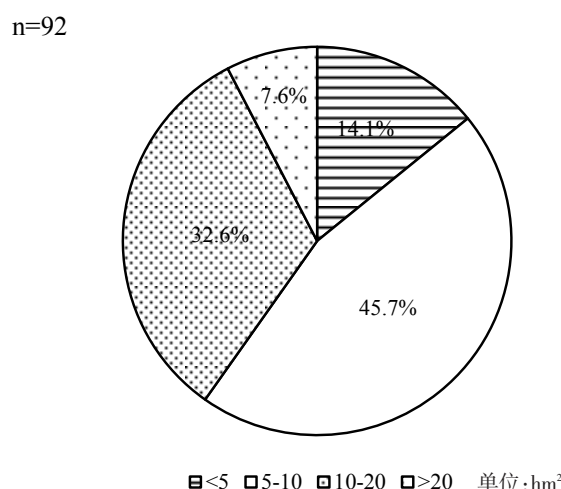


图2 2017~2019年塔城地区农户玉米种植规模占比

Fig.2 Maize planting area ratio for individual farmer in Tacheng region from 2017 to 2019

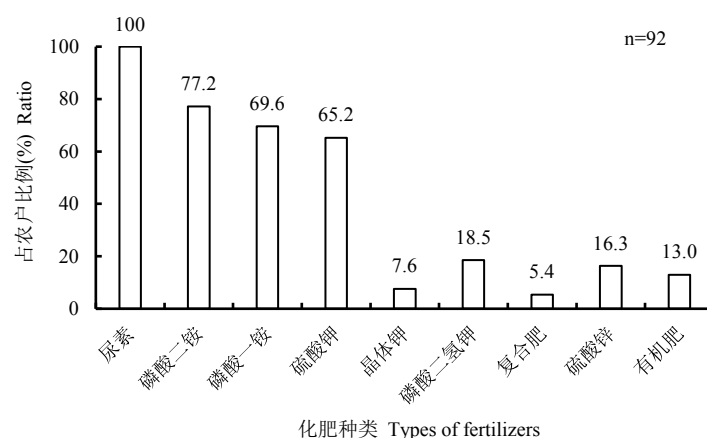


图3 2017~2019年农户肥料种类选择情况

Fig.3 Fertilizer types applied in Tacheng region from 2017 to 2019

2.2 玉米化肥施用情况

从图4可知,玉米氮素(N)投入量呈正态分布,施用量集中于 289.4~431.8 kg/hm²的农户数有 79 户,占总数的 85.9%;化肥中磷素(P₂O₅)的投入量符合正态分布,69.6%的化肥施用量集中在 117.0~234.0 kg/hm²;钾素(K₂O)的投入量符合偏态分布,施K有 72 户集中在 19.5~78.0 kg/hm²,占总数的 78.3%。3 年来该地区化肥平均施用量为 N 377.9 kg/hm², P₂O₅ 188.9 kg/hm², K₂O 55.8 kg/hm²。总体来看该地区施肥情况均符合正态分布,调研结果可代表本地区的施肥普遍情况。

2017 年 N 投入量 163 团最大,为 440.8 kg/hm²; P₂O₅ 投入量 164 团最大,为 195.8 kg/hm²。2018 年各生产单位 N 投入量较高,在 360 kg/hm² 以上,164 团

最大,达 402.8 kg/hm²; P₂O₅ 投入量 163 团最大,达 241.5 kg/hm²。2019 年各生产单位 N 投入量均在 360 kg/hm² 以上,163 团最大,达 394.3 kg/hm²; P₂O₅ 投入量 164 团最大,达 187.1 kg/hm²。由于塔城地区土壤富钾, K₂O 的投入量相对较少。总体分析该地区玉米种植 N 投入量均超过 360 kg/hm², P₂O₅ 投入量呈先增高后降低的趋势,基本超过 170 kg/hm²,相较于西北灌区春玉米推荐施肥量^[9](N 236 kg/hm²、P₂O₅ 93.2 kg/hm²),该地区施肥量偏高(图 5),且该地区玉米生产氮磷比例均在 1:0.5 以上。本课题组研究发现,新疆地区玉米养分投入的最佳氮磷比应维持在 1:0.4^[10],表明新疆塔城地区滴灌玉米氮磷投入比例不合理。

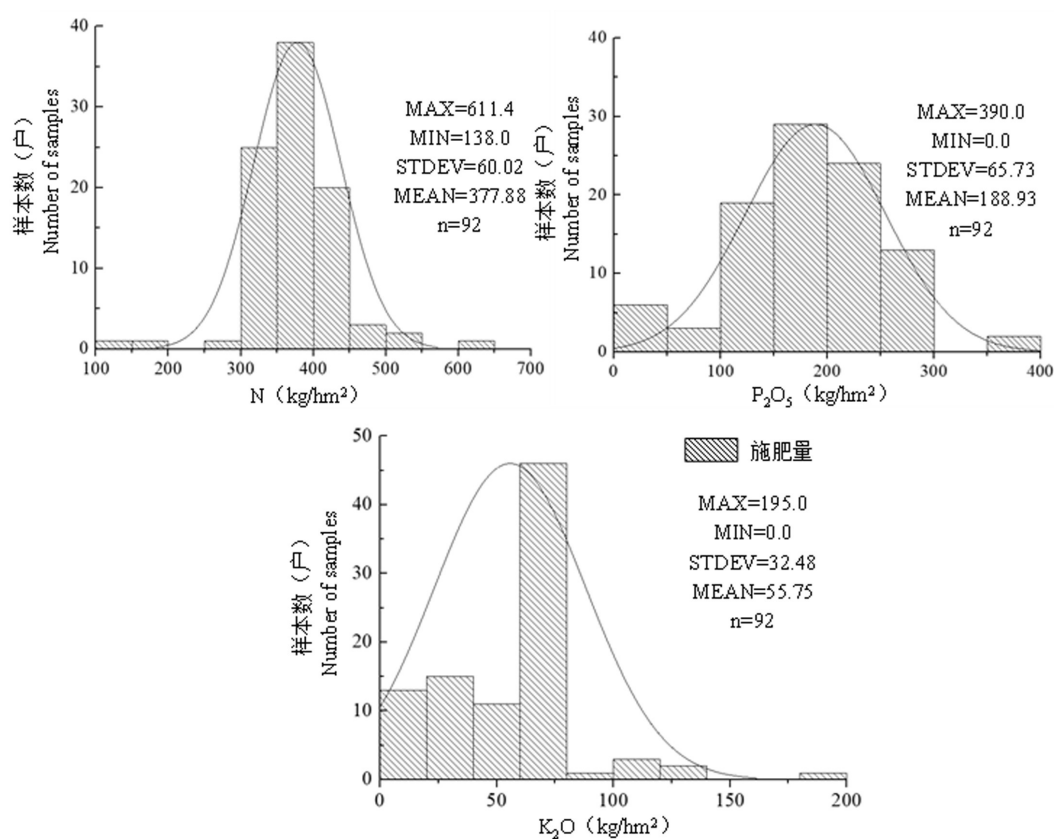


图4 调查区施肥样本数分布

Fig.4 Samples distribution of fertilizer application for N, P, and K in the survey region

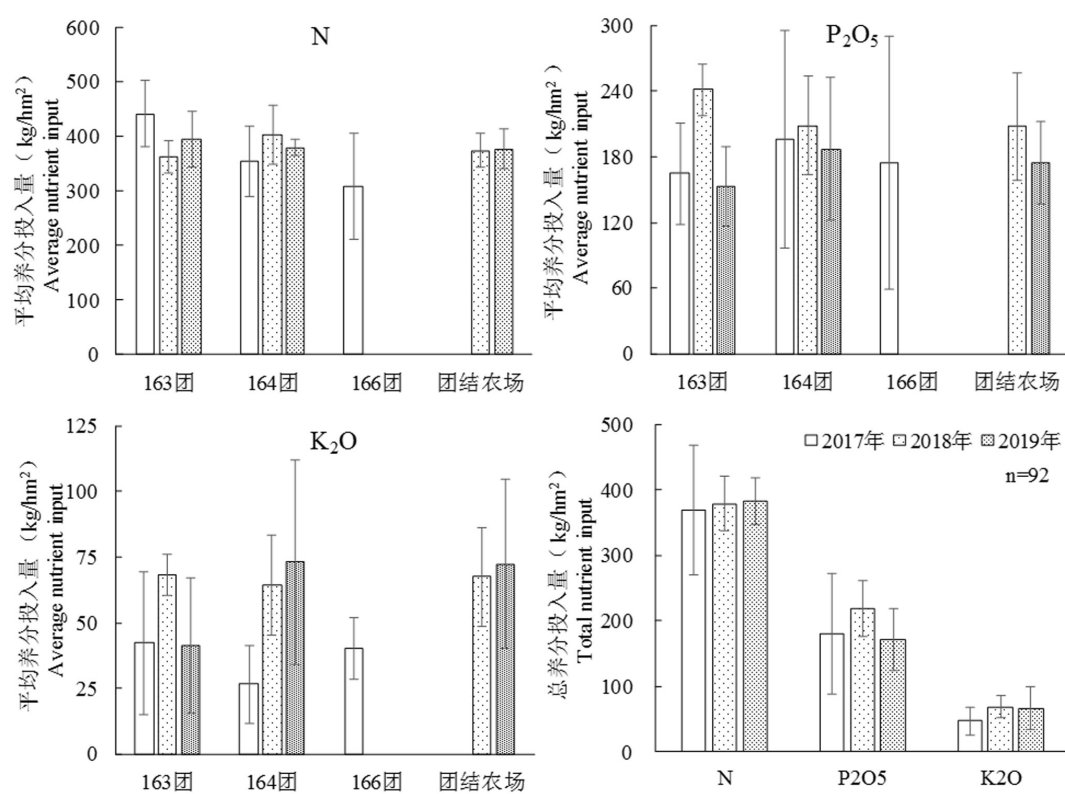


图5 不同调研地区玉米养分投入量分析

Fig.5 Analysis of N, P_2O_5 , K_2O input of maize in different survey regions

2.3 化肥施用方式

表 1 调研区玉米施肥方式和基追肥比例
Table 1 Fertilization method and ratio of base and topdressing fertilizer of maize in the survey region

养分 Nutrient	2017年					2018年					2019年				
	调研区域 Survey region	基肥 (kg/hm ²) Base fertilizer	追肥 (kg/hm ²) Topdressing	基肥占比(%) Base fertilizer ratio	调研区域 Survey region	基肥 (kg/hm ²) Base fertilizer	追肥 (kg/hm ²) Topdressing	基肥占比(%) Base fertilizer ratio	调研区域 Survey region	基肥 (kg/hm ²) Base fertilizer	追肥 (kg/hm ²) Topdressing	基肥占比(%) Base fertilizer ratio			
N	163团	50.6±9.6	390.2±91.5	9.4	163团	55.5±4.5	307.1±27.0	15.3	163团	37.0±31.2	357.4±31.5	9.4			
	164团	113.4±77.8	241.9±83.3	19.4	164团	171.3±92.3	231.5±117.2	42.5	164团	73.8±44.1	306.1±47.2	19.4			
	166团	40.5±14.8	268.9±85.3	4.8	团结农场	76.0±18.8	298.0±31.4	20.3	团结农场	18.1±25.3	358.7±33.5	4.8			
	加权平均	68.2	300.3	11.2	加权平均	100.9	278.9	26.0	加权平均	43.0	340.7	11.2			
P	163团	129.4±24.4	35.1±46.1	78.7	163团	141.8±11.5	99.6±22.2	58.7	163团	78.4±51.4	74.4±65.0	51.3			
	164团	126.5±66.8	69.3±76.9	64.6	164团	138.0±29.9	70.4±34.0	66.2	164团	82.8±46.6	104.3±45.2	44.2			
	166团	103.5±77.1	73.3±66.9	49.6	团结农场	120.8±18.0	87.2±57.3	58.1	团结农场	25.6±43.5	149.1±27.4	14.6			
	加权平均	119.8	59.2	64.3	加权平均	133.5	85.7	61.0	加权平均	62.3	109.3	36.7			
K	163团	-	42.3±30.4	-	163团	-	68.3±7.9	-	163团	-	41.2±30.7	-			
	164团	-	26.5±21.1	-	164团	-	64.5±19.1	-	164团	-	73.0±38.7	-			
	166团	-	40.1±19.6	-	团结农场	-	67.4±27.9	-	团结农场	-	72.4±32.3	-			
	加权平均	-	36.3	-	加权平均	-	66.7	-	加权平均	-	62.2	-			

相关研究表明,新疆北疆地区滴灌玉米最佳施肥方法为“氮肥前轻后重,磷肥基追结合”,其中施氮推荐以基肥 25 %和追肥 75 %进行^[11]。由于磷肥前期大量施入土壤会导致部分磷素容易被土壤吸附固定,不利于作物吸收利用^[12],且玉米生育中后期对磷吸收量大,通常建议降低磷肥基施比例,增加后期追施比例^[13]。通过表 1 可以看出,2017 ~ 2019 年各调研区域氮素基追肥投入量合理(不包括 2018 和 2019 年 164 团调研结果),基肥基本维持在 20%左右,追肥维持在 80%左右;磷素基追肥投入量不合理,基肥比例过大(44.2% ~ 78.7%)。

各调研区域农户施用有机肥数量很少,仅团结农场施用有机肥,施用量较低(75 kg/hm²),各调研区域施肥方式差异较大。团结农场统一进行秋季翻耕,施肥量较大(包括有机肥、尿素以及磷酸二铵);163 和 164 团习惯在玉米出苗 1 个月之后进行中耕施肥,施肥量较大(包括尿素和磷酸二铵)。尽管该地区已经普及滴灌,但施肥以基施为主的方式在该地区仍被广泛应用(分为两种,将 225 kg/ hm²磷酸二铵于春播深施入土壤,约占全生育期施磷量的 55%;将 300 kg/hm²磷酸二铵于中耕时进行开沟施入土壤,约占全生育期施磷量的 72%),这种不合理的施

肥方式不仅造成肥料大量浪费,同时也导致施肥成本升高。

2.4 玉米产量和肥料效率

调研区域玉米平均产量及肥料效率,2017 ~ 2019 年玉米产量均在 13.0 t/hm²以上,不同调研区域产量也有较大差异。影响玉米产量的因素较多,如肥料投入、气候、品种、播期等。2018 年 163、164 团由于地理位置靠近山前,温度较低,在玉米灌浆时发生冻害,影响了产量的形成,造成产量与团结农场相比较低。化肥偏生产力(PFP)作为适用于农户调研的常用指标,可充分反映该地区玉米的生产水平及化肥施用量的综合效应。张福锁等^[14]研究表明,全国玉米 N、P₂O₅、K₂O 的平均化肥偏生产力分别为 51.6、72.4、64.7 kg/kg。通过表 2 可以看出,2017 ~ 2019 年调研区域的玉米 PFP_N显著低于全国平均水平(2017 年 166 团略高于全国平均水平),2017 年和 2018 年各调研区域 PFP_P均显著高于全国平均水平,2018 年 164 团和团结农场 PFP_P略低于全国平均水平。针对 163 团和 164 团分析来看,2018 年的 P₂O₅投入量要略高于 2017 年的投入量,PFP_P出现明显降低,表明合理施肥是提高肥料利用率的重要因素。

表 2 玉米产量及肥料偏生产力
Table 2 Maize yield and the partial factor productivity of the fertilizers

年 份 Year	调研区域 Survey region	样本数(户) Number of samples	产量(t/hm ²) Yield	PFP _N (kg/kg)	PFP _P (kg/kg)
2017 年	163 团	8	14.3±1.28	33.8±7.99	92.3±21.74
	164 团	9	16.1±0.94	46.2±10.35	79.4±48.05
	166 团	7	15.2±2.03	61.3±35.74	83.5±59.05
2018 年	163 团	9	14.6±1.74	44.8±5.16	84.5±8.97
	164 团	9	13.3±1.12	40.3±6.12	60.7±22.81
	团结农场	12	16.6±0.58	33.7±3.06	68.1±20.23
2019 年	163 团	11	16.9±0.76	47.5±6.37	133.5±27.15
	164 团	10	15.3±0.64	44.7±2.73	81.8±36.78
	团结农场	17	16.9±0.59	45.8±4.06	96.7±25.18

注:子粒含水率为 14%。
Note: Grain moisture content is 14%.

3 结论与讨论

塔城地区近 3 年来玉米平均产量为 15.5 t/hm²,较全国玉米产量处于较高水平。3 年调研数据显示,该地区种植玉米平均施肥量分别为 N 377.9 kg/hm²、P₂O₅ 188.9 kg/hm²、K₂O 55.8 kg/hm²,其氮、磷肥投入量显著高于基于农田养分综合平衡施

肥模型所推荐的新疆地区玉米农田区域氮磷投入量(N 236 kg/hm²、P₂O₅ 93.2 kg/hm²),且该地区氮肥偏生产力为 44.2 kg/kg,低于全国平均水平。此外,该地区玉米生产氮磷比均在 1:0.5 以上,高于优化施肥和西北玉米农田推荐氮磷比。对比本课题组在该地区通过降低化肥投入量、优化施肥结构等一系列减肥手段所得玉米化肥偏生产力(PFP_N=64.3 kg/kg;PFP_P=

160.9 kg/kg),该地区在保证玉米高产前提下,化学肥料高投入的施肥策略仍存在施肥技术上的缺陷。调查发现,尽管该地区玉米种植普及了滴灌栽培,且磷肥仍以土壤基肥为主,特别是磷肥多以磷酸二铵(部分调研区域增施尿素)在秋季翻耕时施用,基肥平均比例为54.0%,分析其主要原因是水溶性肥料价格较贵,农户倾向于采用溶解度不足的磷酸二铵用作基肥。

滴灌技术具有水肥耦合、分次追肥及节水减肥的特点^[15],在新疆地区是保证玉米产量显著高于常规灌溉玉米的重要原因。合理地调整施肥结构可作为降低肥料投入量、提高肥料利用率、减少肥料浪费的有效手段之一。研究表明,玉米进入抽雄期后对于养分的需求急剧上升,传统以基肥为主的施肥方式导致玉米在其生育中后期无法获得充足的养分进而影响产量。王健鹏等^[16]试验表明,玉米生育前期对磷的利用率仅为5%,生育中后期是磷素利用的主要时期,降低玉米磷肥基施比例,增大玉米磷肥追施比例可以显著提高玉米的产量。张国桥等^[17]研究表明,通过滴灌系统将磷肥在玉米各生育期中分次施入较磷肥大部分基施可明显提高玉米产量。本课题组前期基于滴灌施肥技术较农户传统施肥方式,在施肥量降低17%的基础下,通过采用有机替代8%的氮肥、选用以P为主要成分的启动肥配合玉米磷肥基追比例的调整,并根据玉米生育期养分需求规律进行优化追肥,表现出明显的减肥增产效果,产量达23.3 t/hm²(14%子粒含水率),较农户传统施肥方式可增产36.8%,肥料利用率可提高14.6%,且经济收益高于传统施肥方式。在塔城地区强化推广水肥一体化技术,大力推广水溶肥,且适当降低氮磷比,有利于达到玉米减肥增产、节本增效。

调研数据显示,塔城额敏地区农户有机肥施用意识较为单薄,其原因一方面玉米在本地区是种植面积最大的作物,有机肥肥源不足;另一方面该地区基本普及秸秆还田技术,部分农户认为没有施用有机肥的必要。大量研究表明,新型肥料及有机肥和化肥配施是一种减少化肥投入的有效途径^[18,19]。引导农户改变固有的施肥思想,提高有机肥施肥比例是改变本地区施肥方式、降低化肥投入量的关键。

塔城地区玉米生产钾肥用量较低(56.4 kg/hm²),主要以追肥为主,肥料品种选择主要以硫酸钾为主。由于塔城地区土壤有效钾含量较高,因此这一施钾量比较合理,但施肥方法值得商榷。由于水溶肥适合滴灌系统,且肥料含有一定比例的钾元素,因此在推行水溶肥的过程中,选择低钾配方的水溶肥

即可满足玉米钾素需求。由于硫基水溶肥价格高且水溶性不足,玉米是中等耐氯作物^[20,21],塔城地区土壤盐碱含量较低,因此可以选择氯基复合肥,可较大幅度降低施肥成本,且对玉米安全。

参考文献:

- [1] Sattari S Z, Van Ittersum M K, Giller K E, et al. Key role of China and its agriculture in global sustainable phosphorus management[J]. *Environmental Research Letters*, 2014, 9(5): 1-8.
- [2] Chen F, Wan K Y, Liu Y, et al. China's grain relies on foreign fertilizer[J]. *Nature*, 2011, 476(7358): 33-33.
- [3] 王小兵,吴元元,邓玲.东北黑土区黑土退化防治与保护研究[J]. *资源与产业*, 2008, 10(3): 81-83.
Wang X B, Wu Y Y, Deng L. Approaches to black soil degeneration in northeast China[J]. *Resources Industries*, 2008, 10(3): 81-83. (in Chinese)
- [4] 张卫峰,季明秀,马骥,等.中国化肥消费需求影响因素及走势分析-I 化肥供应[J]. *资源科学*, 2007, 29(6): 162-169.
Zhang W F, Ji Y X, Ma J, et al. Factors affecting fertilizer demand and supply in China[J]. *Resources Science*, 2007, 29(6): 162-169. (in Chinese)
- [5] 农业部种植业管理司.农业部关于印发《到2020年化肥使用量零增长行动方案》和《到2020年农药使用量零增长行动方案》的通知[EB/OL], 2015. http://www.moa.gov.cn/zwillm/tzgg/tz/201503/t20150318_4444765.htm.
- [6] 孙建好,李伟琦,赵建华.高台县小麦及玉米施肥现状调查与评价[J]. *甘肃农业科技*, 2019(6): 51-56.
Sun J H, Li W Q, Zhao J H. Investigation and evaluation of fertilization situation of wheat and corn in Gaotai county[J]. *Gansu Agricultural Science and Technology*, 2019(6): 51-56. (in Chinese)
- [7] 孙旭霞.廊坊市施肥状况的评价与对策研究[D].中国农业大学, 2005.
- [8] 王浩,董朝阳,王淑兰,等.基于春玉米子粒产量的渭北旱塬区农户施肥现状评价[J]. *植物营养与肥料学报*, 2018, 24(3): 590-598.
Wang H, Dong C Y, Wang S L, et al. Evaluation on fertilization of farmer practice based on grain yield of spring maize in Weibei dry-land[J]. *Journal of Plant Nutrition and Fertilizers*, 2018, 24(3): 590-598. (in Chinese)
- [9] 车升国.区域作物专用复合(混)肥料配方制定方法与应用[D].中国农业大学, 2015.
- [10] 张皓禹.新疆滴灌玉米磷肥优化施肥技术研究[D].石河子大学, 2019.
- [11] 梁飞,曾胜和,王国栋,等.北疆膜下滴灌玉米氮磷配施效应研究[J]. *塔里木大学学报*, 2012, 24(3): 74-78.
Liang F, Zeng S H, Wang G D, et al. Response of maize to NP balanced fertilization under plastic mulched drip irrigation in Northern Xinjiang[J]. *Journal of Tarim University*, 2012, 24(3): 74-78. (in Chinese)
- [12] Espinoza L, Sanchez C A, Schueneman T J. Celery yield responds to phosphorus rate but not phosphorus placement on histosols[J]. *Hort Science*, 1993, 28(12): 1168-1170.
- [13] 侯慧杰,范盼盼,邹楠,等.东北和西北春玉米氮磷钾养分吸

- 收、积累特点比较[J]. 玉米科学, 2018, 26(6): 131-138.
- Hou H J, Fan P P, Zou N, et al. Comparison of the uptake and assimilation characteristics of N, P and K in spring maize between the northeast and the northwest regions of China[J]. Journal of Maize Sciences, 2018, 26(6): 131-138. (in Chinese)
- [14] 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.
- Zhang F S, Wang J Q, Zhang W F, et al. Nutrient use efficiencies of major cereal crops in China and measures for improvement[J]. Acta Pedologica Sinica, 2008, 45(5): 915-924. (in Chinese)
- [15] 朱金龙, 危常州, 朱齐超, 等. 膜下滴灌春玉米氮素吸收规律与增产效应[J]. 玉米科学, 2014, 22(6): 121-125.
- Zhu J L, Wei C Z, Zhu Q C, et al. Effect of N absorption and yield enhancement on spring maize under drip irrigation and film mulch[J]. Journal of Maize Sciences, 2014, 22(6): 121-125. (in Chinese)
- [16] 王健鹏, 王秀峰. 磷肥追肥对玉米的肥效影响[J]. 吉林蔬菜, 2013(11): 43.
- Wang J L, Wang X F. Effect of phosphate fertilizer on fertilizer effect of maize[J]. Jilin Vegetables, 2013(11): 43. (in Chinese)
- [17] 张国桥, 王 静, 刘 涛, 等. 水肥一体化施磷对滴灌玉米产量、磷素营养及磷肥利用效率的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2014, 20(5): 1103-1109.
- Zhang G Q, Wang J, Liu T, et al. Effect of water and P fertilizer coupling on corn yield, P uptake, and P utilization efficiency with drip irrigation in a calcareous soil[J]. Journal of Plant Nutrition and Fertilizer, 2014, 20(5): 1103-1109. (in Chinese)
- [18] Gordon W B, Pierzynski G M. Corn hybrid response to starter fertilizer combinations[J]. Journal of Plant Nutrition, 2006, 29(7): 1287-1299.
- [19] 陶 磊, 褚贵新, 刘 涛, 等. 有机肥替代部分化肥对长期连作棉田产量、土壤微生物数量及酶活性的影响[J]. 生态学报, 2014, 34(21): 6137-6146.
- Tao L, Chu G X, Liu T, et al. Impacts of organic manure partial substitution for chemical fertilizer on cotton yield, soil microbial community and enzyme activities in mono-cropping system in drip irrigation condition[J]. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(21): 6137-6146. (in Chinese)
- [20] Ravikovitch S. Effects of brackish irrigation water and fertilizers on millet and corn[J]. Experimental Agriculture, 1973, 9(2): 181-188.
- [21] Hassan N A, Drew J V, Knudsen D, et al. Influence of soil salinity on production of dry matter and uptake and distribution of nutrients in barley and corn: II. corn (*Zea mays* L.)[J]. Agronomy Journal, 1970, 62(1): 46-48.

(责任编辑:姜媛媛)

(上接第 135 页)

- Guo W L, Wang Z Z, Tan J N, et al. Evaluation of herbicidal activity and safety to cotton of fluorochloridone combined with pendimethal - in or acetochlor[J]. Chinese Journal of Pesticide Science, 2016, 18(5): 605-611. (in Chinese)
- [13] O'Brien S R, Davis A S, Riechers D. Quantifying resistance to isoxaflutole and mesotrione and investigating their interactions with metribuzin POST in waterhemp (*Amaranthus tuberculatus*) [J]. Weed Science, 2018, 66(5): 586-594.
- [14] 由振国. 噻隆·异噁酮(Adengo)-拜耳公司新近创制的一种新型玉米田土壤兼苗后早中期茎叶处理除草剂[C]. 长沙: 第十一届全国杂草科学大会论文摘要集, 2013.
- [15] Rector R J, Regehr D L, Barnes P L, et al. Atrazine, S-metolachlor, and isoxaflutole loss in runoff as affected by rainfall and management[J]. Weed Science, 2003, 51(5): 810-816.
- [16] Wicks G A, Knezevic S Z, Bernards M, et al. Effect of planting depth and isoxaflutole rate on corn injury in Nebraska[J]. Weed Technology, 2007, 21(3): 642-646.

(责任编辑:姜媛媛)