

河西灌区制种玉米化肥减量技术对制种产量的影响

孙宁科¹, 赵建华^{2*}, 孙建好², 陈亮之²

(1. 张掖市农业科学研究院, 甘肃 张掖 734000;

2. 甘肃省农业科学院土壤肥料与节水农业研究所, 甘肃 兰州 730070)

摘 要: 化肥超量施用是河西灌区制种玉米种植中的突出问题, 为探寻制种玉米化肥减量途径, 在甘肃张掖同时设置 3 个田间试验, 采用的化肥减量技术措施分别为化肥配施有机肥, 化肥配施中微量元素和制种玉米套作绿肥, 通过对各项试验中制种玉米产量的分析, 探究制种玉米化肥减量有效措施。结果表明: 本研究条件下, 制种玉米化肥的适宜施用量为 $N\ 300\ kg \cdot hm^{-2}$, $P_2O_5\ 150\ kg \cdot hm^{-2}$ 和 $K_2O\ 150\ kg \cdot hm^{-2}$, 配施有机肥后各处理玉米产量较单施化肥处理呈不同程度增加, 平均增幅 14%, $MN_{300}P_{150}K_{150}$ 较 $N_{450}P_{150}K_{150}$ 化肥氮减量 33.3%, 玉米却增产 9.7%; 化肥配施中微量元素后, $N_{375}P_{150}K_{150}S$ 较 $N_{375}P_{150}K_{150}$ 产量增幅达 14%, 较 $N_{450}P_{150}K_{150}$ 化肥氮减量 16.6%, 而实现增产 10.4%; 玉米间作绿肥后, 绿肥全部翻压 +N358.5 和绿肥全部翻压 +N313.5 的化肥氮用量较绿肥刈割留茬 +N388.5 分别降低了 10% 和 25%, 玉米产量却分别提高 0.5% 和 2.2%。综上所述, 配施有机肥, 中微量元素, 间作绿肥翻压可实现河西走廊制种玉米化肥氮减量, 配施的适宜化肥氮投入量为 $N\ 300\ kg \cdot hm^{-2}$ 。

关键词: 有机肥; 绿肥; 微量元素; 化肥减量; 制种玉米

甘肃河西走廊灌区已发展成为全国最大的杂交玉米种子生产基地^[1-2]。据统计, 2015 年甘肃省杂交玉米制种面积 9.942 万 hm^2 , 产种量达 6.54 亿 kg, 占全国玉米制种总产量的近一半^[3]。尤其是甘肃张掖地区位于河西走廊中部, 是河西玉米制种基地的核心地带, 产种量可占全国大田玉米用种量的 40% 以上^[4-5]。

玉米制种不但成为张掖地区的支柱产业, 而且是农民增收的主要来源。然而, 在制种玉米生产过程中存在诸多问题, 其中较为突出的是化肥使用不当, 无论制种公司还是制种农户为追求种子高产, 在种子生产过程大量的投入化肥, 这不但造成化肥的浪费, 而且致使肥料利用效率低下。索东让等^[6]在对比大田玉米和制种玉米田玉米需肥特点后发现, 相比大田玉米, 制种玉米应适当减少化肥施用量; 然而, 据调查^[7], 现实生产中制种户氮素 (N) 施用量高达 $525\ kg \cdot hm^{-2}$, 磷素 (P_2O_5) 施用量也高达 $180\ kg \cdot hm^{-2}$ 。因此, 诸多学者对制种玉米化肥最佳施用量进行探究, 如秦润玲^[8]

研究发现制种玉米田氮磷肥最佳施用量为 $N\ 300\ kg \cdot hm^{-2}$ 、 $P_2O_5\ 90\ kg \cdot hm^{-2}$ 。孙宁科等^[9]研究表明制种玉米 N、 P_2O_5 和 K_2O 的适宜施用量分别为 300、90、75 $kg \cdot hm^{-2}$ 。但是, 实际生产中, 化肥投入量远远超过这些推荐量; 另外, 制种田长期连作引起的土壤退化问题也日益严重^[10-11], 赵芸晨等^[12]研究表明制种玉米田连作年限增加, 土壤对磷素的固持及转化率会随之下降。由此可见, 化肥过量带来的农田生态、环境等负面效应日趋严重, 如何改善制种玉米种植环节化肥投入过高的现状已成为亟待解决的问题, 也是河西走廊灌区制种玉米可持续发展的关键。

本文通过对在甘肃省张掖市开展的制种玉米上化肥配施有机肥、化肥配施微量元素和制种玉米套作绿肥 3 项化肥减量试验的玉米产量进行对比分析, 探究制种玉米最佳化肥减量途径, 为制种玉米绿色可持续发展提供理论借鉴。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

3 项试验于 2017 年在张掖市临泽县沙河镇兰家堡村相邻的田块同时进行。该区域海拔 1430 m, 平均气温 $7^\circ C$, 无霜期 152 d, 农田以制种玉米连作为主。土壤为灌漠土; 0 ~ 20 cm 土层土壤化学性

收稿日期: 2020-01-08; 录用日期: 2020-02-26

基金项目: 国家重点研发计划子课题 (2017YFD0201808-02)。

作者简介: 孙宁科 (1967-), 男, 陕西彬县人, 副研究员, 学士, 主要从事土壤肥料方面的工作。E-mail: zysnk1967@163.com。

通讯作者: 赵建华, E-mail: zhaojianhuatt@163.com。

质: 有机质 $13.5 \sim 15.8 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$; 全氮 $0.71 \sim 0.90 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$; 全磷 $0.54 \sim 0.65 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 碱解氮 $9.3 \sim 73.2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$; 有效磷 $7.3 \sim 9.4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$; 速效钾 $153.3 \sim 165.8 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。土壤含硫、钙、镁分别为 39.3 、 110.0 、 $33.5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 有效锌 $0.69 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、有效锰 $7.18 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、有效硼 $1.01 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、有效铁 $9.53 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$; pH 值 8.2 。

1.2 田间管理与试验设计

1.2.1 种植方式

制种玉米母本 4 月中旬播种, 70 cm 宽地膜覆盖, 母本种植于膜上, 一膜种植 2 行, 行距 50 cm , 株距 20 cm , 母本保苗 $100005 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$, 膜间裸地宽 50 cm , 父本于母本播后一周播种, 在 2 行母本中间播种 1 行, 株距 50 cm , 父本保苗 $20001 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。试验小区间筑宽 50 cm 、高 20 cm 地埂, 区组间设 50 cm 宽灌水沟。各处理灌水、锄草等田间管理均保持一致。

1.2.2 施肥管理

3 项试验氮肥均用尿素 ($\text{N } 46\%$), 50% 作为基肥, 50% 于玉米大喇叭口期追施。磷肥用磷酸二铵 ($\text{N } 18\%$; $\text{P}_2\text{O}_5 \text{ } 46\%$), 全部基施。钾肥用氯化钾 ($\text{K}_2\text{O } 62\%$), 50% 基施、 50% 玉米大喇叭口期追施。有机肥配施化肥减量试验中有机肥使用牛粪, 用量 $45000 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ (半干品), 全部基施, 含有机质 $145 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 全氮 $3.2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, $\text{P}_2\text{O}_5 \text{ } 2.1 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, $\text{K}_2\text{O } 2.0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。基肥于播种前按小区人工均匀撒施并翻压入土, 追施于拔节期人工开沟深施覆土。

1.2.3 试验设计

试验 1: 氮磷钾用量及配施有机肥化肥减量试验。

依据化肥氮磷钾不同用量配比设置处理 10 个, 分别为① CK、② $\text{N}_0\text{P}_{150}\text{K}_{150}$ 、③ $\text{N}_{225}\text{P}_{150}\text{K}_{150}$ 、④ $\text{N}_{300}\text{P}_{150}\text{K}_{150}$ 、⑤ $\text{N}_{375}\text{P}_0\text{K}_{150}$ 、⑥ $\text{N}_{375}\text{P}_{120}\text{K}_{150}$ 、⑦ $\text{N}_{375}\text{P}_{150}\text{K}_{150}$ 、⑧ $\text{N}_{375}\text{P}_{150}\text{K}_0$ 、⑨ $\text{N}_{375}\text{P}_{150}\text{K}_{75}$ 、⑩ $\text{N}_{450}\text{P}_{150}\text{K}_{150}$, 3 次重复。化肥与有机肥配施处理 10 个, 分别为① M (牛粪 $45000 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)、② $\text{MN}_0\text{P}_{150}\text{K}_{150}$ 、③ $\text{MN}_{225}\text{P}_{150}\text{K}_{150}$ 、④ $\text{MN}_{300}\text{P}_{150}\text{K}_{150}$ 、⑤ $\text{MN}_{375}\text{P}_0\text{K}_{150}$ 、⑥ $\text{MN}_{375}\text{P}_{120}\text{K}_{150}$ 、⑦ $\text{MN}_{375}\text{P}_{150}\text{K}_{150}$ 、⑧ $\text{MN}_{375}\text{P}_{150}\text{K}_0$ 、⑨ $\text{MN}_{375}\text{P}_{150}\text{K}_{75}$ 、⑩ $\text{MN}_{450}\text{P}_{150}\text{K}_{150}$, 重复 3 次。牛粪用量各处理一致。小区面积 20 m^2 , 随机区组排列。

试验 2: 配施中、微量元素化肥减量试验。

化肥配施中微量元素处理 9 个, 分别为① $\text{N}_{375}\text{P}_{150}\text{K}_{150}$ 、② $\text{N}_{375}\text{P}_{150}\text{K}_{150}\text{S}$ 、③ $\text{N}_{375}\text{P}_{150}\text{K}_{150}\text{Ca}$ 、④ $\text{N}_{375}\text{P}_{150}\text{K}_{150}\text{Mg}$ 、

⑤ $\text{N}_{375}\text{P}_{150}\text{K}_{150}\text{Zn}$ 、⑥ $\text{N}_{375}\text{P}_{150}\text{K}_{150}\text{Mn}$ 、⑦ $\text{N}_{375}\text{P}_{150}\text{K}_{150}\text{B}$ 、⑧ $\text{N}_{375}\text{P}_{150}\text{K}_{150}\text{Fe}$ 、⑨ $\text{N}_{450}\text{P}_{150}\text{K}_{150}$, 重复 3 次, 随机区组排列, 小区面积为 20 m^2 。所有处理基施化肥均为 $\text{N } 375 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, $\text{P}_2\text{O}_5 \text{ } 150 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, $\text{K}_2\text{O } 150 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。硫肥用硫磺, 施 $60 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 钙肥用碳酸钙, 施 $90 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 镁肥用氯化镁 (分析纯), 施 $60 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 锌肥用硫酸锌 (分析纯), 施 $30 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 锰肥用硫酸锰 (分析纯), 施 $30 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 硼肥用硼酸 (分析纯), 施 $25 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 铁肥用硫酸亚铁 (分析纯), 施 $3.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 均于拔节、抽雄期喷施。

试验 3: 制种玉米套作绿肥节氮效果试验。

制种玉米套作 5 个绿肥品种 (甜豌豆、针叶豌豆、箭筈豌豆、毛苕子、麻豌豆)。设刈割留茬翻压和全部翻压 2 种绿肥处理方式及氮肥减量处理 3 个, 分别为①刈割留茬, 收获地上部茎叶保留约 10 cm 根茬, 根茬翻压还田, $\text{N } 388.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$; ②绿肥全部翻压, 地上部及根茬全部翻压还田, $\text{N } 358.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$; ③绿肥全部翻压, $\text{N } 313.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 重复 3 次, 随机区组排列, 小区面积 33 m^2 。各处理磷钾肥用量一致 ($\text{P}_2\text{O}_5 \text{ } 150 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, $\text{K}_2\text{O } 150 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$), 均基施, 氮肥分两次施入, 基施各处理均 $\text{N } 88.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 绿肥翻压后追施, 3 个处理追施量分别为 300 、 270 、 $225 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。毛苕子播量 $120 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 甜豌豆、针叶豌豆、箭筈豌豆、麻豌豆播量均为 $225 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。套作绿肥播种于母本空行, 播种 2 行, 行距 30 cm 。4 月 6 日播种, 6 月 3 日刈割或翻压。翻压与追肥和浇水结合进行。

1.3 样品采集

9 月 22 日玉米成熟期按小区取植株考察主要生物学性状, 9 月 23 日按小区收获, 刨除小区边行, 每小区收取中间 20 m^2 果穗进行产量计算。

2 结果与分析

2.1 化肥及化肥配施有机肥对制种玉米产量的影响

化肥氮磷钾不同施用量配比对制种玉米产量影响显著 (表 1), $\text{N}_0\text{P}_{150}\text{K}_{150}$ 、 $\text{N}_{225}\text{P}_{150}\text{K}_{150}$ 、 $\text{N}_{375}\text{P}_0\text{K}_{150}$ 和 $\text{N}_{375}\text{P}_{150}\text{K}_0$ 玉米产量与 CK 无显著差异。在磷钾施用水平一致的情况下, 玉米产量随施氮量增加而增加, $\text{N}_{300}\text{P}_{150}\text{K}_{150}$ 和 $\text{N}_{375}\text{P}_{150}\text{K}_{150}$ 、 $\text{N}_{375}\text{P}_{150}\text{K}_{150}$ 和 $\text{N}_{450}\text{P}_{150}\text{K}_{150}$ 间差异不显著; 在氮肥用量 ($\text{N } 375 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$) 一致的情况下, $\text{N}_{375}\text{P}_{120}\text{K}_{150}$ 玉米产量较 $\text{N}_{375}\text{P}_0\text{K}_{150}$ 高 8.88% , 与 $\text{N}_{375}\text{P}_{150}\text{K}_0$ 和 $\text{N}_{375}\text{P}_{150}\text{K}_{75}$ 玉米

产量间无显著差异。在氮磷肥用量一致的情况下, $N_{375}P_{150}K_{150}$ 玉米产量显著高于 $N_{375}P_{150}K_0$, 但 $N_{375}P_{150}K_{150}$ 和 $N_{375}P_{150}K_{75}$ 间无显著差异。

各化肥用量处理的玉米穗粒数均较 CK 高, 其中 $N_{375}P_{150}K_{150}$ 和 $N_{450}P_{150}K_{150}$ 穗粒数相同且最高, 分别较 $N_0P_{150}K_{150}$ 和 CK 高 30 粒和 38 粒; 千粒重 $N_0P_{150}K_{150}$ 与 CK 间无差异, 其他处理均不同程度高于 CK, 其中 $N_{375}P_{150}K_{75}$ 千粒重高于其他处理, 达

383 g, 较 CK 高 42.4%, 较 $N_{450}P_{150}K_{150}$ 高 23.2%。

对各处理增施牛粪 $45000 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 各处理玉米产量均较不施用有机肥处理有不同程度提高 (表 1), 增幅 10.2% ~ 20.8%, 平均增幅 14.3%; 穗粒数和千粒重平均增幅 3.2% 和 3.5%。对比来看, $MN_{300}P_{150}K_{150}$ 和 $MN_{375}P_{150}K_{150}$ 均较 $N_{450}P_{150}K_{150}$ 产量提高 9.7%。

表 1 化肥及化肥有机肥配施对制种玉米产量的影响

化肥				有机肥 + 化肥			
处理	产量 ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)	穗粒数 (粒)	千粒重 (g)	处理	产量 ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)	穗粒数 (粒)	千粒重 (g)
CK	7695.0d	289	269	M	8490.0c	309	272
$N_0P_{150}K_{150}$	7905.0d	297	269	$MN_0P_{150}K_{150}$	8985.0c	320	275
$N_{225}P_{150}K_{150}$	8445.0d	323	281	$MN_{225}P_{150}K_{150}$	10200.0ab	330	299
$N_{300}P_{150}K_{150}$	9105.0bc	326	301	$MN_{300}P_{150}K_{150}$	10695.0ab	331	319
$N_{375}P_{150}K_{150}$	9405.0ab	327	309	$MN_{375}P_{150}K_{150}$	10695.0ab	330	320
$N_{450}P_{150}K_{150}$	9750.0a	327	311	$MN_{450}P_{150}K_{150}$	10890.0a	332	319
$N_{375}P_0K_{150}$	8445.0d	325	280	$MN_{375}P_0K_{150}$	10050.0b	335	312
$N_{375}P_{120}K_{150}$	9195.0bc	323	291	$MN_{375}P_{120}K_{150}$	10395.0ab	332	315
$N_{375}P_{150}K_0$	8850.0cd	319	280	$MN_{375}P_{150}K_0$	9750.0b	329	313
$N_{375}P_{150}K_{75}$	9000.0bc	321	383	$MN_{375}P_{150}K_{75}$	10200.0ab	329	312

注: 不同小写字母表示处理间在 5% 水平差异显著, M 代表有机肥。下同。

2.2 中、微量元素增产效果及平衡投肥的节氮效应

在化肥配施中、微量元素试验中, 相对于单施化肥处理, 增施微量元素处理的玉米产量均有不同程度提高 (表 2), 增幅在 3.0% ~ 14.3%, 但除

表 2 化肥配施微量元素对玉米产量及产量构成的影响

处理	产量 ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)	穗粒数 (粒)	千粒重 (g)
$N_{375}P_{150}K_{150}$	9360.0b	310	308
$N_{450}P_{150}K_{150}$	9690.0b	308	308
$N_{375}P_{150}K_{150}S$	10699.5a	318	331
$N_{375}P_{150}K_{150}Zn$	10266.0ab	317	323
$N_{375}P_{150}K_{150}Ca$	10099.5ab	314	329
$N_{375}P_{150}K_{150}Mn$	9865.5ab	306	310
$N_{375}P_{150}K_{150}Mg$	9666.0b	310	315
$N_{375}P_{150}K_{150}Fe$	9666.0b	310	309
$N_{375}P_{150}K_{150}B$	9631.5b	316	309

$N_{375}P_{150}K_{150}S$ 玉米产量显著高于 $N_{375}P_{150}K_{150}$ 外, 其他增施微量元素的处理与 $N_{375}P_{150}K_{150}$ 产量无显著差异。 $N_{375}P_{150}K_{150}S$ 较 $N_{375}P_{150}K_{150}$ 产量增幅达 14.3%, 较 $N_{450}P_{150}K_{150}$ 增幅达 10.4%, 而单纯增加氮肥 $N_{450}P_{150}K_{150}$ 较 $N_{375}P_{150}K_{150}$ 产量的增幅仅 3.5%。

对比来看, $N_{375}P_{150}K_{150}S$ 玉米的穗粒数和千粒重均最高, 较 $N_{375}P_{150}K_{150}$ 穗粒数提高 2.6%, 千粒重提高 7.5%。而其他各处理较 $N_{375}P_{150}K_{150}$ 穗粒数的增幅在 1.3% ~ 2.3%, 千粒重的增幅在 0.3% ~ 6.8%。

2.3 玉米套作绿肥节氮效应

进一步对玉米间作绿肥试验中玉米产量分析发现, 3 种处理方式下, 玉米产量无显著差异 (图 1)。相对比, 虽然全部翻压 + $N358.5$ 和全部翻压 + $N313.5$ 处理化肥氮用量较刈割留茬 + $N388.5$ 分别降低了 10% 和 25%, 但是玉米产量分别提高 0.5% 和 2.2%。

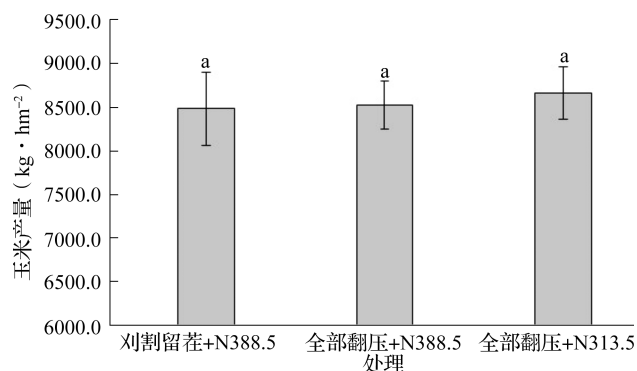


图1 套作绿肥处理方式对玉米产量的影响

注: 不同小写字母表示处理间差异达 5% 显著水平。

3 讨论

3.1 有机肥配施对制种玉米产量的影响

盲目地偏施氮、磷肥, 且随着产量的提高偏投量越大, 既造成土壤养分偏耗, 又影响玉米种子质量, 偏投的氮、磷化肥带来过剩污染和资源浪费, 成本增加, 这是河西走廊灌区制种玉米种植中的普遍现象。有机肥是农田土壤养分的主要来源之一, 其养分含量全面, 能平衡投肥结构, 改善土壤质量, 提高作物产量等^[13-15]。付忠卫等^[16]研究商品有机肥配施化肥对河西走廊制种玉米产量影响表明, 配施商品有机肥的处理产量最高, 较单施化肥处理可增产 5.98%, 本研究结果表明, 各化肥处理增施牛粪 45000 kg · hm⁻² 后, 制种玉米产量平均增幅在 14%, 同时, MN₃₇₅P₁₅₀K₁₅₀ 较 N₄₅₀P₁₅₀K₁₅₀ 化肥氮减量投入 16.7%, 而产量却提高了 9.7%。甚至, MN₂₂₅P₁₅₀K₁₅₀ 较 N₄₅₀P₁₅₀K₁₅₀ 化肥氮减量投入 50.0%, 产量依然有 4.6% 的增幅, 对比来看, N₃₇₅P₁₅₀K₁₅₀ 和 N₂₂₅P₁₅₀K₁₅₀ 较高氮 N₄₅₀P₁₅₀K₁₅₀ 产量分别有 3.7% 和 15.5% 的降幅。以上结果均表明有机肥与化肥配施可有效提高制种玉米产量, 且化肥减施后, 有机肥的补充可有效缓解化肥减施带来的产量降低。

另外, 本研究中设置的 5 个氮水平 (N 0、225、300、375、450 kg · hm⁻²), 在无有机肥投入的条件下, 当氮投入达 N 300 kg · hm⁻² 后, N 450 kg · hm⁻² 下制种玉米产量虽显著高于 N 300 kg · hm⁻² 处理, 但与 N 375 kg · hm⁻² 处理无显著差异, N 375 kg · hm⁻² 又与 N 300 kg · hm⁻² 处理无显著差异, 说明 N 300 kg · hm⁻², P₂O₅ 150 kg · hm⁻² 和 K₂O 150 kg · hm⁻² 的化肥配比投入可满足制种玉

米的丰产需求, 这也与笔者^[9]之前的研究结果河西制种玉米化肥适宜投入量 N、P₂O₅ 和 K₂O 分别为 300、90、75 kg · hm⁻² 相一致。

3.2 中、微量元素配施的产量效应

中、微量元素是植物生长发育过程中不可或缺的营养元素, 在促进植物呼吸作用、光合作用及物质能量转化等方面均发挥着重要作用、它影响作物产量、品质形成^[17-18]。诸多研究表明在玉米上施用中微量元素肥料具有显著的增产效应^[19-21]。在制种玉米上也有类似的效应, 师伟杰^[22]研究几种微量元素在制种玉米上的应用效果发现微量元素肥料可不同程度地增加制种玉米生物量。本研究中, 针对 N₃₇₅P₁₅₀K₁₅₀ 配施各种中、微量元素, 各处理也有不同程度地增产效应, 增幅在 3% ~ 14%, 其中 N₃₇₅P₁₅₀K₁₅₀S 增产效应显著, 较 N₃₇₅P₁₅₀K₁₅₀ 增产 14.3%; 相比 N₄₅₀P₁₅₀K₁₅₀, N₃₇₅P₁₅₀K₁₅₀S 化肥氮减量 16.6%, 却实现增产 10.4%。微量元素具有专一性的特点, 玉米是对锌最为敏感的作物之一。薛勇等^[23]进行的锌肥在制种玉米上应用的效果试验表明制种玉米施用锌肥后增产效果显著。本研究中, N₃₇₅P₁₅₀K₁₅₀Zn 较 N₃₇₅P₁₅₀K₁₅₀ 增产 9.6%, 较 N₄₅₀P₁₅₀K₁₅₀ 增产 5.9%, 以上结果均说明降低化肥氮投入的情况下配施中量元素 S 和微量元素 Zn 可有效防止制种玉米产量的降低。

3.3 套作翻压绿肥节肥效应

绿肥是环保型有机肥料, 利用绿肥能达到培肥增产和节约化肥的效果。绿肥作物以豆科为主, 对于改良土壤、固定氮素具有重要作用, 可以提高土壤肥力、减少化肥用量和提高水分利用率^[24-25]。研究表明^[26]绿肥翻压的效果要好于留茬或根茬还田。本试验条件下与玉米间作的绿肥翻压处理较刈割留茬具有明显的增产效果。绿肥节氮已被研究证实, 卢秉林等^[27]研究发现在河西绿洲灌区进行玉米种植时, 间作收获籽粒为主的针叶豌豆和间作以收获豆科饲草为主的毛叶苕子, 均能减少 10% 的化学氮肥用量。在本研究中, 翻压处理较刈割留茬处理化肥氮分别减少 7.7% 和 19.3%, 但是玉米产量却分别增高 0.5% 和 2.2%。说明降低化肥氮投入的情况下翻压绿肥可有效防止制种玉米产量的降低。

4 结论

本研究通过3个化肥减量试验表明,化肥配施有机肥后,各处理制种玉米产量呈不同程度增加,平均增幅为14%,制种玉米化肥的适宜施用量为 $N\ 300\ kg \cdot hm^{-2}$, $P_2O_5\ 150\ kg \cdot hm^{-2}$ 和 $K_2O\ 150\ kg \cdot hm^{-2}$, $MN_{300}P_{150}K_{150}$ 较 $N_{450}P_{150}K_{150}$ 化肥氮减量33.3%,玉米增产9.7%; $N_{375}P_{150}K_{150}S$ 较 $N_{450}P_{150}K_{150}$ 化肥氮减量16.6%,玉米增产10.4%;全部翻压+N358.5和全部翻压+N313.5处理化肥氮用量较刈割留茬+N388.5分别降低了10%和25%,而玉米增产0.5%和2.2%。

参考文献:

- [1] 白小军,周志龙,张财祥,等.河西走廊玉米制种基地选择中应注意的几个问题[J].甘肃农业科技,2008(10):33-34.
- [2] 佟屏亚.玉米制种,敢问路在何方——兼议河西地区建成国家级玉米制种基地[J].中国种业,2014(11):10-13.
- [3] 甘肃省农业机械化技术推广总站.甘肃制种玉米生产机械化现状调研报告[J].甘肃农业,2016,23(Z1):74-77.
- [4] 秦国伟.张掖市国家级玉米制种基地发展的思考[J].农业科技与信息,2015(18):79-80.
- [5] 任智,侯军岐.张掖市玉米制种产业发展存在的问题及对策[J].中国种业,2015(11):18-21.
- [6] 索东让,李隆,孙宁科,等.河西走廊制种田与生产田玉米需肥特点比较[J].植物营养与肥料学报,2013,19(4):816-823.
- [7] 王炳贤,杨晓宏.河西走廊制种玉米氮素适宜用量及施肥时期试验[J].农业科技与信息,2015(13):32-35.
- [8] 秦润玲.甘肃河西走廊地区制种玉米减量施肥技术试验[J].农业科技与信息,2014(17):50-53.
- [9] 孙宁科,李隆,索东让,等.河西走廊制种玉米氮磷钾适宜用量及需肥进程[J].西北农业学报,2013,22(9):95-100.
- [10] 王晓强.张掖市玉米制种田连作问题及对策研究[J].中国种业,2016(9):36-37.
- [11] 侯格平,吴子孝,索东让.张掖市玉米制种连作种植的不利影响与措施[J].中国种业,2012(1):31-32.
- [12] 赵芸晨,王治江,孙晓娟,等.制种玉米连作恒量施磷对灌漠土与潮土中磷素利用的影响[J].水土保持通报,2018,38(1):47-55.
- [13] 方日尧,同延安,耿增超,等.黄土高原区长期施用有机肥对土壤肥力及小麦产量的影响[J].中国生态农业学报,2003,11(2):53-55.
- [14] 王婷,丁宁平,李利利,等.化肥与有机肥或秸秆配施提高陇东旱塬黑垆土上作物产量的稳定性和可持续性[J].植物营养与肥料学报,2019,25(11):1817-1826.
- [15] 李燕青,温延臣,林治安,等.不同有机肥与化肥配施对作物产量及农田氮肥气态损失的影响[J].植物营养与肥料学报,2019,25(11):1835-1846.
- [16] 付忠卫,毛涛.配施有机肥对制种玉米产量及土壤理化性状的影响[J].甘肃农业科技,2019(7):15-18.
- [17] 王锐,王竞.配施中微量元素对宁夏酿酒葡萄产量及品质的影响[J].中国土壤与肥料,2019(6):166-171.
- [18] 郭孝.Zn、B、Mn微肥提高玉米产量与品质的研究[J].生态农业研究,1998,6(1):40-42.
- [19] 咎亚玲,王朝辉,毛辉,等.施用硒、锌、铁对玉米和大豆产量与营养品质的影响[J].植物营养与肥料学报,2010,16(1):252-256.
- [20] 高育峰,王勇.王立明喷施微肥对陇东旱塬地春玉米产量和品质的影响[J].甘肃农业科技,2003(11):38-39.
- [21] 韩金玲,李雁鸣,马春英,等.锌对作物生长发育及产量的影响[J].植物营养与肥料学报,2006,12(3):313-320.
- [22] 师伟杰.几种微量元素对制种玉米产量及经济效益的影响[J].农业科技与信息,2016(25):116-117.
- [23] 薛勇,侯德明,吴平江.锌肥不同施用方式对张掖市杂交制种玉米产量的影响[J].农业科技与信息,2017(4):82-83.
- [24] 曹卫东.绿肥在现代农业生产中的探索与实践[M].北京:中国农业科学技术出版社,2011.
- [25] 张久东,包兴国,曹卫东,等.间作绿肥作物对玉米产量和土壤肥力的影响[J].中国土壤与肥料,2013(4):43-47.
- [26] 王婷,包兴国,胡志桥.河西绿洲灌区玉米间作绿肥高效种植模式研究[J].甘肃农业科技,2010(8):3-6.
- [27] 卢秉林,包兴国,张久东,等.间作绿肥饲草与减施氮肥对河西绿洲灌区玉米产量和土壤肥力的影响[J].干旱地区农业研究,2015,33(2):170-175.

Effects of fertilizer reduction technology on yield of maize for seed production in Hexi oasis irrigated area

SUN Ning-ke¹, ZHAO Jian-hua^{2*}, SUN Jian-hao², CHEN Liang-zhi² (1. Zhangye Academy of Agricultural Sciences of Gansu Province, Zhangye Gansu 734000; 2. Institute of Soil, Fertilizer and Water-saving Agriculture, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070)

Abstract: Excessive application of chemical fertilizers is a big problem in the maize planting for seed production in Hexi oasis irrigated area. In order to explore an efficient path to fertilizer reduction, three field experiments were conducted

in Zhangye, Gansu, including the chemical fertilizer combined with organic fertilizer, the chemical fertilizer combined with medium and trace element and maize for seed production intercropping with green manure. The yields of maize of the experiments were analyzed to explore effective measures to reduce the application of fertilizer. The results showed that in present study, the appropriate application rate of fertilizer for maize for seed production was N 300 kg · hm⁻², P₂O₅ 150 kg · hm⁻² and K₂O 150 kg · hm⁻², respectively. Compared to the fertilizer treatment, the yield of the fertilizer combined with organic fertilizer treatments increased by 14% averagely. Compared with N₄₅₀P₁₅₀K₁₅₀, the nitrogen rate was reduced by 33.3% for MN₃₀₀P₁₅₀K₁₅₀, however, the yield of maize for seed production increased by 9.7%. In the experiment of the fertilizer combined with medium and trace element, compared to N₃₇₅P₁₅₀K₁₅₀, the yield of maize for seed production for N₃₇₅P₁₅₀K₁₅₀S increased by 14%, and compared with N₄₅₀P₁₅₀K₁₅₀, nitrogen rate decreased by 16.6%, but yield of maize for seed production increased by 10.4%. In the experiment maize for seed production intercropping with green manure, compared to cutting and stay stubble + N388.5, the reduction rates of nitrogen for all green manure turnover + N358.5 and all green manure turnover + N313.5 were 10% and 25%, respectively, nevertheless, the yield of maize for seed production increased by 0.5% and 2.2%, respectively. To sum up, it is an effective way of reduction fertilizer for maize for seed production to apply organic fertilizer, medium and trace elements, and intercropping green manure, and combination with N 300 kg · hm⁻² is appropriate to maize for seed production in Hexi oasis irrigated area.

Key words: organic fertilizer; green manure; microelements; fertilizer reduction; maize for seed production