



制种玉米需肥规律的研究

王 勇,索东让,孙宁科

(张掖市农科院,甘肃张掖 734000)

摘要:针对制种玉米开展需肥规律研究为平衡施肥技术的推广提供理论依据,同时提高制种产量,减少盲目施肥对生态环境的不良影响。在高、中、低3种施肥水平下进行多点田间试验,研究施肥量和产量的关系,使产量潜力得到最大发挥。测定主要生育时期干物质和养分累积进程,研究制种玉米需肥习性和需肥特点。结果表明,足量施肥条件下‘郑单958’和‘沈单16号’的平均种子产量为7744.5 kg/hm²;生产百千克玉米种子需要N、P₂O₅、K₂O等养分分别为2.653 kg、1.115 kg、3.449 kg;氮磷钾需肥结构为1:0.42:1.30;三叶期、六叶期、拔节期、抽雄期、灌浆期、成熟期干物质累积进程分别为0.11%、4.0%、21.3%、50.4%、94.9%和100%;苗期至拔节时段氮磷钾累积速率分别为43.6%、37.8%、58.3%,拔节至抽雄时段分别为22.1%、27.1%和18.3%,抽雄至灌浆时段分别为26.3%、19.9%和14.5%,灌浆至成熟时段分别为8.0%、15.7%和8.9%。中量施肥水平完全可以满足制种玉米养分需求,超量施肥对提高产量和养分吸收无明显影响,养分吸收峰值在拔节期。因此,在制种玉米施肥技术上要重施基肥,拔节期补施氮钾肥,抽雄期补施氮磷肥,既可满足制种玉米成熟期对养分的需求,同时也能获得较高的籽粒产量。

关键词:制种玉米;需肥特点;累积速率;河西走廊

中图分类号:S-3

文献标志码:A

论文编号:2012-0160

Study on Law of Fertilizer Demand of Seed Production Corn

Wang Yong, Suo Dongrang, Sun Ningke

(Zhangye Academy of Agricultural Sciences, Zhangye 734000, Gansu, China)

Abstract: Carried out for seed corn fertilizer law to provide a theoretical basis for the promotion of balanced fertilization technology, and improve seed production, reducing the adverse effects on the ecological environment of the blind fertilization. The characteristic of fertilizer requirement of seed production corn in Hexi Corridor was studied based on the multi-site experiments under high, mid and low fertilizing levels. The results showed that, the average seed yield of ZhengDan958 and ShengDan16 achieved 7744.5 kg/hm² at sufficient quantities of fertilizer conditions; The demands for N, P₂O₅ and K₂O for production of 100 kg of corn seeds were 2.653 kg, 1.115 kg and 3.449 kg respectively, in a proportion of 1:0.42:1.30. The dry matter accumulation process reached to 0.11%, 4.0%, 21.3%, 50.4%, 94.9% and 100% at the periods of trefoil, hexaphyllous, jointing, tasseling, grain filling and mature stage. The N, P and K accumulation rate were 43.6%, 37.8%, 58.3% during the seedling to jointing stage, 22.1%, 27.1%, 18.3% during the jointing to tasseling stage, 26.3%, 19.9%, 14.5% during the tasseling to grain filling stage, and 8.0%, 15.7%, 8.9% during the grain filling to mature stage respectively. The nutrient absorption peak occurred in the jointing stage. Base fertilizer should be emphasized in seed corn production field, while nitrogen and potassium fertilizers should be top dressed in the jointing stage and nitrogen and phosphorus fertilizers slightly dressed in the tasseling stage, so

基金项目:甘肃省科技厅资助项目“河西走廊制种玉米连作田作物需肥特点及施肥技术研究”(2010GAAS06)。

第一作者简介:王勇,男,1967年出生,河南平舆人,副研究员,主要从事作物育种及栽培研究。通信地址:734000 张掖市张肃公路7公里张掖市农科院, Tel: 0936-8730367, E-mail: w13993694803@163.com。

通讯作者:索东让,男,1953年出生,甘肃宁县人,高级农艺师,主要从事土壤肥料研究。通信地址:734000 张掖市张肃公路7公里张掖市农科院, Tel: 0936-8730367, E-mail: suodongrang@126.com。

收稿日期:2012-03-23, **修回日期:**2012-06-02。



as to meet the nutrient demands of the seed production. The results showed that the mid fertilizing level maximized the seed production potential completely, while excessive fertilizer applying had an indistinctive effect on yield.

Key words: Seed Production Corn; Characteristic of Fertilizer Requirement; Accumulation Rate; Hexi Corridor

0 引言

甘肃省河西走廊灌区凭借优越的地理位置和自然条件现已发展成为全国最大的玉米制种基地,年制种面积在7万 hm^2 以上,占当地农播面积40%左右;年生产种子5亿 kg 以上,占全国杂交玉米种子用量的50%以上^[1]。由于大部分制种田连作10年以上,土壤生产力下降,制种产量逐年降低。制种玉米是一个新的玉米栽培体系,种植的是玉米亲本自交系,与杂交种相比生长势弱,个体矮小,产量低,同时对肥水的吸收能力也相对较差^[2]。河西走廊为作物一熟制单产较高的地区,据调查,以高产作物玉米杂交种为指示的商品玉米生产力平均单产达12000~14610 kg/hm^2 ,而以杂交亲本为指示品种的制种玉米田平均产量只有7500 kg/hm^2 左右,产量差距较大^[3-5]。制种玉米生产力水平远低于商品玉米生产田,其需肥特点未作过系统的研究。因此,开展制种玉米需肥规律研究可为平衡施肥提供理论依据,具有重要研究意义和实际的应用价值。

针对商品玉米大田生产开展的需肥规律研究较多,孙羲^[6]主编的《作物营养与施肥》一书中提出了春玉米氮磷钾吸收和累积特性:氮的吸收自拔节期开始增加,抽雄期急剧增加,乳熟期达到高峰,磷钾的吸收乳熟期达到高峰,此后,氮磷的吸收保持一定的量,而钾的吸收量急剧下降;对夏玉米需肥规律进行系统研究认为,夏玉米有前期生长快,吸肥多的特点,应掌握前重后轻的施肥原则。从全国范围来看,制种玉米虽然面积很少,但对中国种业发展和玉米产业化发展十分重要。制种玉米需肥规律的研究国内研究报道的很少,吉林省农科院环资中心边秀芝等^[7]针对制种玉米需肥特性做过比较系统的研究,认为制种玉米自交系全生育期干物质积累量为杂交种的60.2%,氮磷钾吸收量分别为杂交种的52.8%、58.6%、67.0%,表明玉米制种田生产力水平和养分需求量均远远小于大田商品玉米生产;生产百千克玉米种子吸收N素2.39 kg 、 P_2O_5 0.98 kg 、 K_2O 2.18 kg ;每公顷玉米制种田N、 P_2O_5 、 K_2O 施用量分别为104~120 kg 、46~69 kg 、60~90 kg 。该项研究是在东北地区旱作条件下制种产量为3656~4483 kg/hm^2 的制种玉米栽培体系。

全国玉米繁种基地转移集中到西北灌溉农业区后,制种产量平均达到7500 kg/hm^2 左右,生产力水平

是东北旱作区的2倍以上,养分的吸收量和施肥量与旱作区均有很大的差别。绿洲灌区制种玉米田的需肥规律前人无人做过系统的研究,有些人仅针对当季施肥量做过一些田间试验,得出的结论也不一致,结论数据相差甚远。肖占文^[8]、闫治斌^[9]等分析的田间试验结果认为,当玉米制种田种子产量为9650~9750 kg/hm^2 时氮素(N)、 P_2O_5 施用量仅为80.52~124.81 kg/hm^2 和60.15 kg/hm^2 。秦晓霞^[10]在本区的田间试验结果认为,玉米制种田每公顷最佳施氮量为103.11~250.57 kg/hm^2 , P_2O_5 为60.15 kg/hm^2 , K_2O 为59.12 kg/hm^2 。汪如贵^[11]研究结果认为,当黑河灌区玉米制种产量为8955.7 kg/hm^2 时,制种玉米田最佳施肥量为每公顷施N 366.67 kg ,施 P_2O_5 176.38 kg ,施 K_2O 93.82 kg 。沈强云等^[12]在与河西走廊生态条件相近的宁夏灌区的研究结果认为,种子产量为6750 kg/hm^2 的‘沈单16号’玉米制种田,每公顷施N 232.5~318.0 kg ,施 P_2O_5 125.4~177.6 kg 。

以往针对绿洲灌区制种玉米田施肥量开展的田间试验研究得出的结论差异较大,难以指导生产实际,主要原因是无制种玉米种植体系需肥规律的系统研究。为此,笔者在省科技厅支持下,列项开展了河西灌区制种玉米需肥规律研究。在不同施肥水平下通过研究弄清制种玉米产量变化规律,为合理施肥提供生物学依据;研究制种玉米全生育期需肥量和需肥结构,弄清制种玉米植物营养变化和需求规律;研究制种玉米干物质和养分累积进程,弄清需肥习性,为施肥技术提供养分需求生理依据。

1 材料与方法

1.1 试验地点

试验选择当地制种面积较大的‘郑单958’组合和‘沈单16号’组合,分别设置在临泽县的板桥镇、甘州区的新墩镇。土壤为灌漠土,农田为耕种多年的熟化土壤,质地中壤。耕层含有机质12.8~18.1 g/kg ,碱解N 51.8~85.4 g/kg ,速效P 19.9~25.6 g/kg ,速效K 134.0~156.0 g/kg 。试验田种植密度与本地制种生产相同,母本密度99900株/ hm^2 ,父本19950株/ hm^2 。

1.2 试验设计

试验在统一施肥方案下进行,以化肥为主,有机肥为辅。具体处理如下:(1)CK(无肥);(2) $\text{N}_{375}\text{P}_{150}\text{K}_{150}$;(3) $\text{N}_{525}\text{P}_{225}\text{K}_{225}$;(4)M(有机肥);(5) $\text{MN}_{375}\text{P}_{150}\text{K}_{150}$;(6)

MN₅₂₅P₂₂₅K₂₂₅(右下角为N、P₂O₅、K₂O的施用量,单位为kg/hm²)。试验重复3次,小区面积6.66 m×5 m,田间裂区组排列。小区间均筑地埂,区组间筑灌水沟。

氮肥施用尿素(含N 46%),40%作基肥,30%拔节期追施,30%抽雄期追施;磷用磷酸二铵(含N 18%,P₂O₅ 46%)全作基肥;钾肥用氯化钾(含K₂O 55%),基肥50%,拔节期施50%。地膜采用0.006 mm农膜,4月中旬整地覆膜。4月15—17日播种,母本行距50 cm,株距20 cm,4月20—22日在两行母本中间播一期父本,4月26—27日播二期父本,父本株距50 cm。灌水、拔草等田间管理与大面积制种田一致。土壤样品、植物样品送甘肃省农科院测试中心测定。

1.3 测定项目

(1)播前取0~20 cm耕层土样测定有机质及速效养分含量;(2)抽雄时按小区取10株雄穗晾干后计产;(3)授粉结束后砍除父本时取10株父本,植株晾干后计产;(4)收获时按小区单收单脱分别计产;(5)收获时按小区均匀取10株母本晾干后计秸秆产量并考种,测定单株粒重。并取样分析氮、磷、钾含量,计算携带量;(6)干物质测定,2个试验按小区分别取样,取样时期分别在三叶期、六叶期、拔节期、抽雄期、灌浆期、成熟期。三叶、六叶期每个样品为5株,拔节后各时期样本量为3株。带根取样,洗净泥土置干燥室风干2个月后第一次称重,风干2月后第2次称重,2次称重误差不超过0.05%,平均计产;风干样各取200 g按处理混合后送测试中心测定氮磷钾含量;(7)资料整理,单位面积养分吸收量=(籽粒养分含量×籽粒产量)+(秸秆养分含量×秸秆产量);各处理干物质样本含量=3次重复平均值;单位面积干物质重量=(样本平均重量/样本株数)×保苗数。

2 结果与分析

2.1 产量及主要产量性状结果

产量结果(表1)表现出有机肥单施略高于无肥处理,但差异不明显,属平产范畴;化肥的施用是作物增产的主导因素,产量显著地高于不施化肥处理($F>F_{0.01}$);中量化肥处理与高量化肥之间产量差异不明显($F<F_{0.05}$);化肥与有机肥配合施用与单施化肥处理产量差异不明显,说明制种玉米增产主要依靠化肥,有机肥当季增产效果不明显;中量化肥处理足以使制种玉米产量水平发挥到最大,高量化肥投入增效不明显。从籽粒产量来看,足量施肥条件下,‘郑单958’制种产量为8115~10950 kg/hm²,‘沈单16号’制种产量为6845~7185 kg/hm²,‘郑单958’制种产量高于‘沈单16号’制种田,二者平均产量为7744.5 kg/hm²。

生物学产量由4个部分构成,即籽粒产量、母本秸秆、父本秸秆、雄穗产量。籽粒产量如前所述,在足量施肥条件下母本秸秆为12165~16425 kg/hm²,父本秸秆为2040~4005 kg/hm²,雄穗为345~600 kg/hm²;生物学总产量为24960~25335 kg/hm²,平均值为25125 kg/hm²;收获指数平均值为0.3099;单株粒重平均为128.8 g。这些生物学主要性状代表了玉米制种田的生产力特征,是研究玉米制种田需肥规律的生物学基础。

2.2 制种玉米需肥特点

2.2.1 氮素吸收特点 从吸收量来看(表2),氮肥处理氮素吸收量高于无肥处理;中量施肥与高量施肥差别不明显;无肥条件下,作物吸N量平均92.25 kg/hm²;单施有机肥平均吸收氮素101.25 kg/hm²,与无肥处理差别不明显。施用化肥显著提高了氮素吸收量,中量化肥处理氮素吸收量为3007.5 kg/hm²,比无肥处理提高了117.1%;超量施肥比中量施肥平均提高了2.9%,二

表1 制种玉米生产力试验结果

指标	处理	CK	N ₃₇₅ P ₁₅₀ K ₁₅₀	N ₅₂₅ P ₂₂₅ K ₂₂₅	M	MN ₃₇₅ P ₁₅₀ K ₁₅₀	MN ₅₂₅ P ₂₂₅ K ₂₂₅
籽粒产量/(kg/hm ²)	郑单958	5715 Bb	8115 Aa	8565 Aa	6345 Bb	8730 Aa	8370 Aa
	沈单16号	4800 Bb	6945 Aa	7005 Aa	6510 Bb	7185 Aa	7080 Aa
	平均值	5265	7530	7785	6435	7965	7725
生物学产量/(kg/hm ²)	郑单958	12720	23415	23535	13800	23460	23295
	沈单16号	21060	26490	26985	22680	27150	27360
	平均值	16890	24960	25185	18240	25305	25335
收获指数	郑单958	0.337	0.347	0.363	0.321	0.372	0.359
	沈单16号	0.227	0.262	0.257	0.277	0.253	0.266
单株粒重/g	郑单958	112.8	133.6	133.2	117.7	135.2	133.9
	沈单16号	117.9	123.2	124.0	115.9	122.5	125.4

注:大写字母表示1%显著水平,小写字母表示5%显著水平。



表2 制种田养分吸收量

kg/hm²

肥料	处理	CK	N ₃₇₅ P ₁₅₀ K ₁₅₀	N ₅₂₅ P ₂₂₅ K ₂₂₅	M	MN ₃₇₅ P ₁₅₀ K ₁₅₀	MN ₅₂₅ P ₂₂₅ K ₂₂₅
氮素(N)	郑单 958	67.95	164.55	174.75	70.05	170.85	176.85
	沈单 16 号	116.55	235.80	237.30	126.9	241.95	240.15
	平均值	90.25	200.25	206.10	101.25	206.40	208.50
磷素(P ₂ O ₅)	郑单 958	50.25	89.25	81.45	55.80	93.75	80.10
	沈单 16 号	61.65	84.15	84.00	78.15	78.00	86.55
	平均值	57.60	86.70	83.40	67.05	85.95	83.40
钾素(K ₂ O)	郑单 958	178.80	249.75	297.45	162.45	243.3	295.65
	沈单 16 号	199.80	284.10	321.00	217.05	292.8	321.00
	平均值	189.45	267.00	306.30	189.75	268.05	305.40

者差异不明显,说明中量施用化肥水平即可满足作物氮素养分要求,这和产量结果是一致的。有机肥与化肥配合施用比单施化肥处理氮素吸收量平均提高了1.16%~3.0%,表明增施有机肥对制种玉米当季供氮效果很小。由此得出,土壤供氮率为44.2%;有机肥当季施用供氮效应很小;施氮素375 kg/hm²即可使制种玉米需氮量达到最大水平;足量施肥制种玉米平均需氮量为205.2 kg/hm²;生产百千克种子吸收氮素量为2.653 kg。

2.2.2 磷素吸收特点 制种玉米吸收磷素(P₂O₅)为57.60~85.95 kg/hm²,无肥条件下土壤供磷量57.60 kg/hm²,单施有机肥提高了16.4%;在施化学磷肥时有机肥效果体现不出来。施化肥磷素作物吸磷量显著提高;中量施磷水平下平均吸磷量为85.95~86.70 kg/hm²,超量施磷无明显增效。说明制种玉米吸收磷素养分量是稳定的,中量施磷处理施足以使制种玉米需磷量达到最高。由此可见,制种玉米生产中土壤供磷率为全肥处理的66.7%;足量施肥条件下作物需磷量平均为86.63 kg/hm²;百公斤种子吸磷量(P₂O₅)平均为1.115 kg。

2.2.3 制种玉米需钾特点 河西走廊土壤钾素较丰富,制种玉米钾素吸收量大于氮磷量,有机肥与不施有机肥处理之间差异不明显,化学钾肥投入量与钾素吸收量有正相关效应。无肥处理钾素(K₂O)吸收量为189.60 kg/hm²,施化学钾肥150 kg/hm²处理比无钾处理钾素吸收量提高41.1%,施化学钾素225 kg/hm²处理比施150 kg/hm²处理钾素吸收量提高14.3%。从施钾素150 kg/hm²平均产量与225 kg/hm²处理基本相等的角度分析,施钾素150 kg完全可以使制种玉米种子产量潜力发挥到最大,增施钾素促进了奢侈性吸收,是不可取的。由此得出,制种玉米平均吸收钾素(K₂O)267.45 kg/hm²,百千克种子吸收钾素(K₂O)3.449 kg,土壤供钾率平均为70.8%。

2.2.4 制种玉米氮磷钾需肥结构 制种玉米每公顷吸收N 205.20 kg、P₂O₅ 86.63 kg、K₂O 267.45 kg;百公斤种子平均吸收N 2.653 kg、P₂O₅ 1.115 kg、K₂O 3.449 kg, N:P₂O₅:K₂O=1:0.42:1.30;土壤供氮率44.2%,供磷率66.7%,供钾率70.8%。这些需肥特点是制定制种玉米施肥技术的重要理论依据。

2.3 制种玉米干物质积累进程

干物质积累量变化直接影响养分吸收进程(表3)。从2个组合干物质积累平均值来看,低肥处理积累量小于施肥处理;施肥充足的处理,干物质积累在各个时期表现出基本相近的趋势,积累进程也基本一致。从2个施肥处理平均值来看,三叶期、六叶期、拔节期、抽雄期、灌浆期、成熟期积累进程分别依次为0.11%、4.0%、21.3%、50.4%、94.9%和100%;从不同时段积累量分析,三叶至拔节期干物质积累量占总量的21.0%,拔节至抽雄平均占总量的29.2%,抽雄到灌浆末平均占总量的44.6%,灌浆后期至成熟时段积累量占总量的51%。抽雄至灌浆时段是制种玉米干物质积累量最大的时段,拔节至抽雄期次之。这2个时段是对环境条件要求较高的时期,也是营养条件人为调控的关键时期。

2.4 制种玉米氮磷钾吸收习性

2.4.1 氮肥吸收习性 氮肥是玉米营养吸收中吸收量较多的养分。从(表4)吸收量来看,不施肥或不施化肥条件下,吸收氮素量最低,施化学氮肥375 kg/hm²完全可以满足制种玉米对氮肥的需求,超量施N 525 kg/hm²,氮素吸收量无明显增加趋势,与中量施肥水平相当;从中量、超量施肥2个处理氮素吸收进程平均值来看,制种玉米三叶期为0.40%,六叶期6.76%,拔节开始积累量增加,拔节期、抽雄期、灌浆期、成熟期分别为43.6%、65.7%、92.0%和100%,拔节期为第一峰值,灌浆期为第二峰值;从作物生长发育的时段分析,拔节期



表3 干物质积累进程平均值

肥力	类别	三叶	六叶	拔节	抽雄	灌浆	成熟
低肥力	绝对值/(kg/hm ²)	23.25	376.05	3565.5	8104.5	15361.5	15660.0
	相对值/%	0.15	2.4	22.8	51.8	98.0	100
中肥力	绝对值/(kg/hm ²)	25.95	454.5	4828.5	11410.5	21501.0	22650.0
	相对值/%	0.11	2.0	21.3	50.4	94.9	100
高肥力	绝对值/(kg/hm ²)	25.95	447.0	4716.0	11362.5	21505.5	22732.5
	相对值/%	0.11	1.97	20.70	50.00	94.60	100

表4 氮素吸收进程

肥力	组合	三叶	六叶	拔节	抽雄	灌浆	成熟
低肥力	郑单 958/(kg/hm ²)	0.38	6.53	40.80	50.25	64.50	69.00
	沈单 16 号/(kg/hm ²)	0.99	15.15	50.70	87.00	109.35	121.80
	平均值/(kg/hm ²)	0.37	10.85	45.75	68.70	87.00	95.40
	吸收率/%	1.43	11.40	48.00	72.00	91.20	100
中肥力	郑单 958/(kg/hm ²)	0.54	12.20	61.35	124.05	155.25	167.70
	沈单 16 号/(kg/hm ²)	1.065	15.45	101.7	151.64	220.05	239.25
	平均值/(kg/hm ²)	0.81	13.83	81.60	137.85	187.65	203.55
	吸收率/%	0.40	6.80	40.10	67.70	92.20	100
高肥力	郑单 958/(kg/hm ²)	0.68	12.23	72.60	125.55	159.45	11.72
	沈单 16 号/(kg/hm ²)	0.93	15.60	92.10	138.00	220.95	238.80
	平均值/(kg/hm ²)	0.81	13.92	97.35	131.85	190.2	207.30
	吸收率/%	0.39	6.71	47.0	63.60	91.80	100

氮素吸收量占总需氮量的 43.6%，拔节至抽雄时段累积量占总量的 22.1%，抽雄至灌浆时段累积量占总量的 26.3%，灌浆至成熟占 8.0%。结果表明制种玉米生长前期需氮量较大，拔节前占 43.6%，应重施基肥；拔节期至抽雄期宜补施一定量的氮素，后期不施。

2.4.2 制种玉米需磷习性 制种玉米磷素吸收量较小，基本规律与氮素相似。不施磷肥吸收量最低，中量和高量施肥吸收量相近，无明显差异，吸收进程也相似。两处理磷素吸收量平均值在三叶、六叶、拔节、抽雄、灌

浆期、抽雄、成熟期吸收进程分别为 0.25%、3.8%、37.8%、64.9%、84.3%和 100%。拔节前时段占总量的 37.8%，拔节至抽雄时段占 27.1%，抽雄至灌浆时段占 19.4%，灌浆至成熟时段占 15.7%，说明拔节期需磷量最多，拔节后各时段是减少的趋势，但灌浆至成熟时期还需吸收一定的磷素，表明施磷时要重施基肥，中期不施，抽雄期补施少量磷肥，保证成熟肥(表 5)。

2.4.3 制种玉米需钾习性 制种玉米需钾习性表现出(表 6)钾素吸收量大于氮素，中量施钾处理吸收量高

表5 磷素吸收进程

肥力	组合	三叶	六叶	拔节	抽雄	灌浆	成熟
低肥力	郑单 958/(kg/hm ²)	0.15	2.64	15.15	37.05	46.35	54.6
	沈单 16 号/(kg/hm ²)	0.24	3.92	33.60	50.40	53.55	69.90
	平均值/(kg/hm ²)	0.20	3.29	24.45	43.80	49.95	62.25
	吸收率/%	0.31	5.25	38.3	70.4	80.2	100
中肥力	郑单 958/(kg/hm ²)	0.165	3.81	28.50	45.3	76.65	91.5
	沈单 16 号/(kg/hm ²)	0.27	3.87	33.90	62.55	69.75	81.00
	平均值/(kg/hm ²)	0.225	3.84	31.20	54.00	77.32	86.25
	吸收率/%	0.26	4.45	36.2	62.6	84.9	100



续表 5

肥力	组合	三叶	六叶	拔节	抽雄	灌浆	成熟
高肥力	郑单 958/(kg/hm ²)	0.15	1.20	18.6	49.20	67.05	80.70
	沈单 16 号/(kg/hm ²)	0.24	4.13	47.10	61.80	72.30	85.95
	平均值/(kg/hm ²)	0.20	2.67	32.85	55.5	69.75	83.40
	吸收率/%	0.23	3.20	39.40	67.20	83.60	100

于无钾处理, 高量施钾处理大于中量施钾处理。说明施钾促进了作物产量和钾需求量的增加; 但从中量、高量处理干物质积累量无明显差异的角度分析, 说明高量施钾促进了作物奢侈性吸收, 这是不可取的; 从足量施钾水平的钾素吸收进程来看, 苗期吸收钾素量平均占全生育期吸收总量的 0.66%~7.22%, 拔节期平均占 58.3%, 抽雄、灌浆期平均分别占 76.6% 和 91.1%; 从作物发育的不同时段累积量比较, 作物拔节前吸收的钾素量占总量的 58.3%, 拔节至抽雄时段

占 18.3%, 抽雄至灌浆占 14.5%; 制种玉米钾吸收率的峰值在拔节期, 说明制种玉米营养生长阶段需钾量最大, 中后期增加的吸钾量较少, 这与作物体内新老器官钾素转移利用的特性有关; 制种玉米前期需钾量最大, 说明钾肥重施基肥是提高产量的关键技术。中期需钾较少, 说明中期补施是保证措施, 后期无须施钾。

3 讨论

制种玉米田是利用亲本自交系异花授粉杂交生产

表 6 钾素吸收进程

肥力	组合	三叶	六叶	拔节	抽雄	灌浆	成熟
低肥力	郑单 958/(kg/hm ²)	0.81	13.98	103.05	123.30	155.25	171.30
	沈单 16 号/(kg/hm ²)	1.25	19.25	125.10	151.80	165.60	208.5
	平均值/(kg/hm ²)	1.03	16.65	114.15	137.55	151.05	184.95
	吸收率/%	0.55	8.75	60.10	72.40	84.50	100
中肥力	郑单 958/(kg/hm ²)	0.93	19.95	118.35	172.50	235.5	246.60
	沈单 16 号/(kg/hm ²)	1.52	21.15	178.65	247.50	264.00	292.50
	平均值/(kg/hm ²)	1.22	20.55	148.50	210.00	246.45	269.55
	吸收率/%	0.91	7.60	55.10	77.90	91.40	100
高肥力	郑单 958/(kg/hm ²)	1.02	18.30	172.50	207.60	260.7	296.55
	沈单 16 号/(kg/hm ²)	1.43	23.73	205.35	255.00	297.15	318.00
	平均值/(kg/hm ²)	1.23	21.15	188.70	231.30	279.00	307.35
	吸收率/%	0.40	6.83	61.50	75.30	90.80	100

种子, 商品玉米大田生产是利用杂交种所具有的杂种优势这一生物学特性来提高玉米的产量潜力^[13]。而制种玉米田的亲本是育种工作者通过多年自交选择表现优良的稳定株系, 不具有杂种优势, 生产力水平表现低下^[14]。边秀芝等^[7]研究结果证明, 制种田自交系生长势弱, 单株发育较小, 单产水平低, 肥水吸收能力也较差, 需肥量相对较少, 生产力水平仅为杂交种的 0.60 倍, 氮磷钾吸收量仅为杂交种的 0.53~0.67 倍, 说明制种玉米生产力水平较低, 需肥量相对较少。

生产力水平是施肥量的基础, 本项研究显示出的生产力水平表明, 河西走廊制种玉米制种产量平均为 7500 kg/hm² 左右, 而实际大田生产产量水平达到

14610 kg/hm²。本项研究与他人的研究结果具有相同的趋势^[7], 从生物学特性上也证明了制种田种子生产力水平低于商品玉米生产田水平。

制种玉米田需肥规律国内研究报道的很少。自交系生长势弱, 单株生产力较低, 制种生产中可通过增加密度的途径提高制种产量, 而商品玉米杂交种生长势强, 单株生产力也较高, 商品玉米生产田密度一般小于制种田。2 种不同栽培体系中商品玉米生产力水平和需肥量高于制种玉米田, 说明玉米杂种优势表现出的生产力水平高于增加自交系密度, 这是制种田需肥量少于商品玉米生产田的基本原因。

吉林省农科院边秀芝^[15]在旱作玉米制种区大田密

度5万株/hm²和制种田母本密度6万株/hm²的栽培体系下,研究的作物需肥特点证明,杂交种养分吸收量,养分累积量始终大于制种田,氮磷钾吸收量均表现出这一特点,其中磷素累积率最低;前期氮素累积率大于钾素,吐丝后钾素累积率大于氮素;养分吸收增加最快的时段在吐丝期。

本项研究结果与边秀芝^[15]在旱作条件下的研究结果有所不同,苗期氮磷钾累积进程为3.80%~7.22%,拔节期为37.8%~58.3%,抽雄期为64.9%~76.6%,灌浆期为84.3%~92.0%。磷素累积进程小于氮钾,前期钾素累积速率大于氮素,后期氮素累积量大于钾素。本项研究与旱作区不同之处在于养分累积的快速增长峰值提前到拔节期,第二峰值发生在灌浆期;干物质生产量大于旱作区;相同之处为作物生长后期还有一定量的磷素吸收量,证明制种玉米生长后期还需要施用一定量的磷素。

制种玉米养分吸收习性与旱作区不同的原因主要有2个方面,(1)河西地区为水浇地,光照充足,生产力水平大于旱作区;(2)玉米制种密度大于旱作区,母本平均密度为99900株/hm²,父本为19950株/hm²。农田群体结构和生态条件的不同是造成生产力水平和需肥规律差别的主要原因。

在河西高水肥玉米制种地区,本项目针对大量元素的需肥特点开展了研究,为合理施肥提供了理论依据。此外,还需进一步开展有关制种玉米施肥技术中微量元素肥效的探讨,为生产上提供更科学更完善的施肥技术体系,更有效的指导生产实际。

4 结论

在中等施肥水平下每公顷施N 375 kg、P₂O₅ 150 kg、K₂O 150 kg,完全可以使制种玉米产量水平发挥到最大。平均种子产量为7744.5 kg/hm²,生物学产量为25125.0 kg/hm²,超量施肥对产量的增效不显著。

制种玉米全生育期需肥特点研究表明,中量、超量施肥水平下作物吸收养分量基本相等。平均吸收N、P₂O₅、K₂O分别为205.20、86.63、267.45 kg/hm²;百千克种子平均需N、P₂O₅、K₂O分别为2.653、1.115、3.449 kg;N:P₂O₅:K₂O=1:0.42:1.30。

干物质积累进程表明,拔节前45天左右,干物质积累量为21.0%;拔节至抽雄期30天干物质积累29.2%;抽雄至灌浆末50天时间干物质积累量占

44.6%,后期仅为5.4%;抽雄至灌浆是干物质积累量的最大时段,拔节至抽雄时段次之。这是生长发育对环境能量要求最重要的时期。

制种玉米养分吸收进程表明,苗期积累比例很小,拔节期迅速增大,抽雄、灌浆期平稳累积的变化趋势。拔节前,氮磷钾吸收量分别为43.5%、37.8%、58.3%,拔节至抽雄时段为22.1%、27.1%、18.3%,抽雄至灌浆分别为26.4%、19.4%和14.5%,灌浆至成熟很少,分别占总量的8.0%、15.7%、8.9%。拔节前养分吸收量最大,应重施基肥,补施拔节、抽雄肥。根据土壤养分转化特性,可以提出玉米制种田40%氮肥、70%磷肥、50%钾肥作基肥,保证作物苗期和拔节期营养生长的养分需求;30%氮肥、50%钾肥在拔节期补施,保证生殖生长和营养生长并存期的养分需求;30%氮肥、30%磷肥在抽雄期补施,保证灌浆时期淀粉积累对N、P养分需求,后期钾素吸收主要依靠新老器官之间转化利用。

参考文献

- [1] 周玉乾,寇思荣.甘肃省玉米制种竞争力分析及可持续发展对策[J].中国种业,2009(11):14-16.
- [2] 张子和.作物遗传与育种[M].甘肃人民出版社,1979:178-179.
- [3] 赖丽芳,郭天文,胡志桥.氮、钾肥对玉米产量与效益的影响[J].高效施肥,2007(1):21-23.
- [4] 冯守疆,赵欣楠,车宗贤,等.不同施肥处理对制种玉米的影响研究[J].甘肃农业科技,2010(7):7-9.
- [5] 张立荣,郝凯,周积兵,等.张掖市玉米制种产业优势及发展对策研究[J].甘肃科技,2009(22):18-20.
- [6] 孙羲.作物营养与施肥[M].北京:农业出版社,1990:272-296.
- [7] 边秀芝,任军,刘涛慧.杂交玉米制种田施肥技术研究[J].吉林农业科学,2007,32(4):31-34.
- [8] 肖占文,秦嘉海,周俊.河西走廊灌漠土不同肥力水平下制种玉米氮肥适宜用量的研究[J].土壤通报,2008(6):1258-1262.
- [9] 闫治斌,秦嘉海,肖占文.河西走廊制种玉米磷素适宜用量的研究[J].土壤通报,2008(1):197-199.
- [10] 秦晓霞.制种玉米氮素适宜用量的研究[J].农业科技与信息,2007(3):16-17.
- [11] 汪如贵.黑河灌区制种玉米最佳施肥量探析[J].农业科技与信息,2010(5):37-38.
- [12] 沈强云,刘伟,王兆川,等.贺兰山东麓灌条件下制种玉米肥密栽培技术研究[J].种子,2005(11):86-88.
- [13] 杜鸣奎.种子生产原理与方法[M].北京:农业出版社,1998:83-87.
- [14] 赵洪璋.作物育种学[M].北京:农业出版社,1988:74-79.
- [15] 边秀芝,闫晓艳,张大光.玉米自交系的干物质积累与氮磷钾吸收[J].吉林农业大学学报,1997(3):29-34.