

吉林省不同地区高产春玉米养分吸收及分配规律研究

李 梁¹ 陶洪斌¹ 周祥利¹ 朱 平² 刘慧涛² 王 璞¹

(1. 中国农业大学 农学与生物技术学院 北京 100193; 2. 吉林省农业科学院 吉林 长春 130033)

摘要: 采用田间试验的方法,分析了吉林省公主岭市及乾安县高产春玉米氮、磷、钾吸收、分配及转运规律的异同。结果表明:公主岭地区吐丝后的吸氮量占总吸氮量的26.1%、乾安为28.0%;磷素方面分别为20.5%、25.8%,而钾在吐丝期前吸收量占最大吸钾量为84.2%、92.3%。养分在各器官内的分配转运特点体现在:氮、磷均随生长中心转移而发生变化,而钾的变化不明显。地区之间的差异体现在公主岭地区的氮、磷累积量显著高于乾安地区,而钾的累积量差异不明显。造成差异的原因是公主岭地区土壤养分含量较高,积温较高、降水偏多以及生育期较长。同一地区不同品种间比较发现,先玉335的氮、磷、钾累积量总体上均高于郑单958。

关键词: 春玉米;氮;磷;钾

中图分类号:S513.06;S143 文献标识码:A 文章编号:1000-7091(2011)04-0159-08

Nutrient Absorption and Distribution of Spring Maize in Different Ecological Zones of Jilin

LI Liang¹, TAO Hong-bin¹, ZHOU Xiang-li¹, ZHU Ping², LIU Hui-tao², WANG Pu¹

(1. College of Agriculture and Biological Technology, China Agricultural University, Beijing 100193, China;
2. Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130033, China)

Abstract: A field experiment was conducted to analysis the absorption, distribution and translocation of nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K) of spring maize in Gongzhuling and Qian'an of Jilin Province. The results were shown as follows, N and P uptake after silking in Gongzhuling were 26.1%, 20.5% of total uptake respectively, which were 28.0%, 25.8% in Qianan. K uptake before silking in Gongzhuling and Qianlan were 84.2%, 92.3% of maximum K uptake respectively. Trends of N and P accumulation coincided with the transfer of growth center, while K not. The maximum accumulation of N, P and K in Gongzhuling was higher than that in Qianan, while the accumulation of K in Gongzhuling was a little lower than that in Qianan at maturity stage. Regional difference was related to better soil nutrients, higher accumulated temperature, more rainfall and longer growth period in Gongzhuling. Xianyu335 shows a higher accumulation of N, P and K than Zhengdan958 in both regions.

Key words: Spring maize; N; P; K

吉林省地处世界黄金玉米带,是我国重要的商品粮生产基地^[1]。该地区玉米的单产和总产多年均居我国前列。为了缓解未来食物、能源等多方面对玉米的需求,必须进一步提高单产。高产目标的实现,不同学者从品种的培育^[2]、冠层结构的调整^[3]、源库调控^[4-5]、肥密调控^[6-9]等方面进行了研究,取得重要的研究成果。但是,有关高产玉米养

分吸收利用的研究尚不深入,且研究多集中在不同生产水平下或品种间的比较及不同施肥量对养分吸收的影响^[10,11]。由于地区间土壤养分状况及气候条件的差异,造成高产玉米养分吸收规律的不同。为此,本研究通过在吉林省不同地区的田间试验,对不同地区不同品种春玉米的养分吸收规律进行了较系统的比较,揭示吉林省不同地区高产春玉米养分

收稿日期:2011-04-11

基金项目:国家玉米产业技术体系(CARS-02);国家粮食丰产科技工程项目(2011BAD16B10)

作者简介:李 梁(1983-),男,黑龙江哈尔滨人,博士,主要从事作物高产与资源高效利用研究。

通讯作者:王 璞(1957-),男,山西朔州人,教授,博士,主要从事作物高产与资源高效利用研究。

累积、转运规律的异同,为不同地区玉米高产及肥料的合理施用提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验设计

试验在吉林省的公主岭市高产试验田($43^{\circ}29'55''\text{N}$, $124^{\circ}48'43''\text{E}$)及乾安县高产试验田($44^{\circ}52'14.2''\text{N}$, $124^{\circ}00'16.1''\text{E}$)进行。2个地区的试验地基础地力见表1,气候条件见表2。公主岭市属于吉林省的半湿润地区,乾安县属于吉林省的半干旱地区。两个地区均按产量目标 $>12\,750\text{ kg/hm}^2$ 的高产方案进行施肥管理。根据当地多年的高产试验及土壤养分状况,确定公主岭地区总施肥量为 $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}=276.3\text{-}129.9\text{-}189\text{ kg/hm}^2$,其中底肥 $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}=81\text{-}54\text{-}81\text{ kg/hm}^2$,种肥 $\text{N-P}_2\text{O}_5=29.7\text{-}75.9\text{ kg/hm}^2$,拔节肥 $\text{N-K}_2\text{O}=41.4\text{-}54\text{ kg/hm}^2$,抽雄肥 $\text{N-K}_2\text{O}=62.1\text{-}54\text{ kg/hm}^2$,花粒肥 $\text{N}=62.1$

kg/hm^2 ;2010年5月3日播种,9月25日收获。乾安地区总施肥量为 $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O-ZnSO}_4=400\text{-}210\text{-}270\text{-}20\text{ kg/hm}^2$,其中底肥 $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O-ZnSO}_4=130\text{-}195\text{-}247.5\text{-}20\text{ kg/hm}^2$,吐丝期前追肥 $\text{N-P}_2\text{O}_5=225\text{-}15\text{ kg/hm}^2$,灌浆期追肥 $\text{N-K}_2\text{O}=45\text{-}22.5\text{ kg/hm}^2$;2010年5月15日播种,9月26日收获。

两个地区均设定2个品种(先玉335和郑单958)进行对比研究,公主岭地区的小区面积 48 m^2 ,密度为8万株/ hm^2 。乾安地区的小区面积 54.6 m^2 ,密度为7.5万株/ hm^2 。每个处理重复3次,采用随机区组设计。播种方式均为垄播,所用肥料氮肥为尿素,磷肥为二铵,钾肥为氯化钾。由于乾安县为半干旱地区,为保证玉米出苗及各生育期的最低需水要求,共灌水4次,苗期灌水 400 t/hm^2 ,拔节期灌水 240 t/hm^2 ,抽雄吐丝期 360 t/hm^2 ,灌浆期灌水二次,8月4日灌水 400 t/hm^2 ;8月26日灌水 400 t/hm^2 。

表1 试验地基础地力

Tab. 1 Soil basic fertility of the experimental field

地区 Region	土壤类型 Soil type	有机质/(g/kg) Organic matter	全氮/(g/kg) Total N	碱解氮/(mg/kg) Available N	速效磷/(mg/kg) Available P	速效钾/(mg/kg) Available K
公主岭 Gongzhuling	典型黑土	27.5	1.9	124.3	69.3	183.6
乾安 Qian'an	淡黑钙土	18.9	1.1	105.5	30.4	148.6

表2 公主岭和乾安春玉米生长季气象条件

Tab. 2 Climate condition of spring maize season in Gongzhuling and Qian'an

地区 Region	积温/ $^{\circ}\text{C}$ Accumulated temperature	降水量/mm Precipitation	日照时数/h Sunshine hours
公主岭 Gongzhuling	3 025	630	819
乾安 Qian'an	3 004	307	1 015

注:乾安降水量=自然降水+灌溉水。

Ntoe: Qian'an precipitation = Natural precipitation + Irrigation water.

1.2 测定项目与方法

分别于拔节期、大喇叭口期、吐丝期、乳熟期、灌浆中期、成熟期在各小区取样3株,将茎、叶、穗等部位分开,烘干称重用 $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}_2$ 消煮,凯氏定氮法测定氮含量、钼锑抗比色法测定磷含量、火焰分光光度法测定钾含量。数据采用Excel2010和SAS9.1.3软件进行统计分析。养分转运量(g/m^2)=器官灌浆期最大养分累积量-器官成熟期养分累积量,养分转移效率(%)=养分转运量/器官灌浆期最大养分累积量 $\times 100$,养分转运对籽粒的贡献率(%)=养分转运量/成熟期籽粒养分含量 $\times 100$ ^[12],器官合计转运量对籽粒贡献率(%)=器官(除籽粒)养分转运总量/成熟期籽粒养分含量 $\times 100$ ^[13]。

2 结果与分析

2.1 吉林省不同地区春玉米产量及产量性状

由于公主岭地区在拔节后出现严重干旱,严重影响籽粒的建成,导致穗粒数偏少、空秆较多,最终导致产量偏低。因此要想提高产量,除提高密度外还要稳粒重,保群体粒数(表3)。

2.2 吉林省不同地区春玉米氮、磷、钾累积动态

2.2.1 不同地区春玉米氮素累积动态 由图1可知,在吉林省的不同地区,植株的氮素累积规律基本一致,即前期吸收较少,后期累积量达到最大,公主岭地区的氮累积量在各生育阶段均大于乾安地区(表4)。

表 3 吉林省不同地区春玉米产量性状
Tab.3 Yield character of spring maize in different regions of Jilin

地区 Region	品种 Cultivar	密度 ($\times 10^4/\text{hm}^2$) Density	穗数 ($\text{plant}/667\text{m}^2$) Ear number	穗粒数 Grain number per ear	千粒重/g 1 000 grain weight	产量/($\text{kg}/667\text{m}^2$) Grain yield
公主岭	先玉 335	8	4 685ab	331c	402.9a	624.8c
Gongzhuling	郑单 958	8	4 852a	424b	327.2c	672.3b
乾安	先玉 335	7.5	4 444b	502a	355.9b	792.8a
Qian'an	郑单 958	7.5	4 867a	516a	324.8c	816.1a

注:同一列内同一养分的数字后小写字母相同表示处理间差异不显著 $\alpha=0.05$ $n=12$ 。下同。
Note: Within each column and each nutrient, followed by different letters indicate significant difference at the 0.05 probability level. The same below.

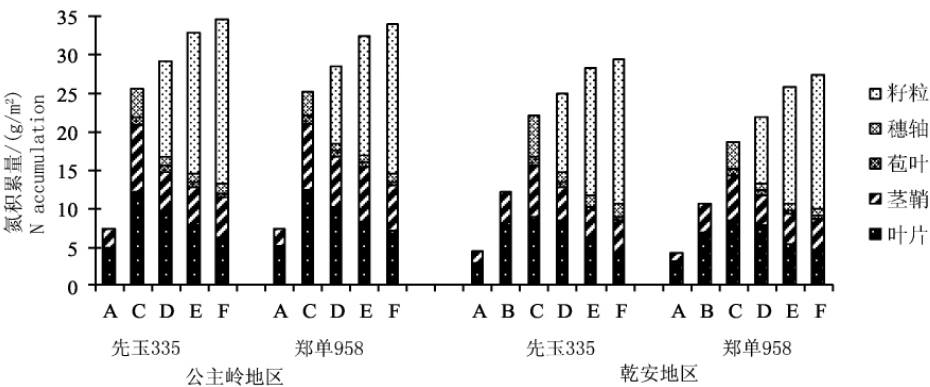
表 4 吉林省不同地区春玉米不同生育阶段养分积累量
Tab.4 Nutrient accumulation of spring maize at different growth stages in different regions of Jilin province

养分指标 Nutrient index	处理 Treatment	拔节期 Jointing stage	吐丝期 Silking stage	乳熟期 Milk stage	灌中 Mid-filling stage	完熟 Maturity stage
N	公主岭	先玉 335	7.4a	25.6a	29.2a	34.8a
		郑单 958	7.3a	25.2a	28.6a	34.0a
	乾安	先玉 335	4.5b	22.3b	25.0b	29.5b
		郑单 958	4.4b	18.8c	22.0c	27.4c
P	公主岭	先玉 335	0.6a	2.9a	3.2a	3.8a
		郑单 958	0.5a	2.7a	2.8a	3.3a
	乾安	先玉 335	0.4b	0.9b	1.1b	2.4b
		郑单 958	0.3b	0.8c	1.0b	2.2b
K	公主岭	先玉 335	5.5a	14.2a	15.4a	14.7a
		郑单 958	5.2a	13.9a	15.2a	14.6a
	乾安	先玉 335	4.0b	15.2a	15.6a	15.6a
		郑单 958	3.7b	14.0a	14.5a	14.7a

在公主岭地区,拔节期至吐丝期不同品种阶段吸氮量占总氮量的 52.51%,达到第 1 个吸氮速率的高峰值;乳熟期至灌浆中期,先玉 335 的阶段吸氮量占总氮量的 10.44%,郑单 958 为 11.31%,达到第 2 个吸氮速率的高峰值。说明植株进入生殖生长阶段后,仍需要吸收大量氮素,同时此阶段也是产量

形成的关键时期之一(表 5)。

在乾安地区,大喇叭口期至吐丝期不同品种阶段吸氮量占总氮量的 31.98%,为第 1 个日均吸氮高峰期,先玉 335 的拔节期至大喇叭口期,是第 2 个日均吸氮高峰期;郑单 958 的第 2 个吸氮速率的高峰值出现在乳熟期至灌浆中期为 0.24 g/m²(表 6)。



图中 A、B、C、D、E、F 分别表示拔节期、大喇叭口期、吐丝期、乳熟期、灌浆中期、成熟期。图 2、3 图。
A、B、C、D、E、F, respectively indicated jointing stage, 12 leaves stage, silking stage, milk stage, mid-filling stage and maturity in the figure.
The same as Fig 2、3.

图 1 吉林省不同地区春玉米不同生育阶段氮积累量
Fig.1 Nitrogen accumulation of spring maize at different growth stages in different regions of Jilin province

2.2.2 不同地区春玉米磷素累积动态 从两地磷素的累积动态可以看出,随着生育阶段的推进和干

物质累积量的增加,植株对磷的吸收逐步增多,到成熟期各处理均达到最大值。公主岭地区的磷累积量在不同生育阶段均大于乾安地区(图2和表4);在灌浆中期前,公主岭地区的阶段吸磷量及吸磷速率要高于乾安地区。从以上结果可以看出,随着春玉米的生长发育进程,磷素的累积量一直呈递增趋势,吸收速率表现为前期慢、中期快、后期慢的特点。

2.2.3 不同地区春玉米钾素累积动态 植株幼苗阶段钾素吸收量较少,拔节期以后吸钾量迅速增加,吸收速率也加快,在灌浆中期钾累积量达最大值,成熟期有所回落,两个地区都体现了这个规律(图3)。

公主岭地区钾累积量的最大值高于乾安地区,而后期下降较快,在成熟期公主岭地区的钾累积量又小于乾安地区。在达到最大累积量前为公主岭地区的阶段吸收量大于乾安地区,此后公主岭地区的下降幅度也大于乾安地区(表5和6)。吐丝期后,两地玉米的吸钾量及吸钾速率均迅速下降,从播种至吐丝期,公主岭地区各品种阶段吸钾量占最大钾累积量的84.16%,乾安为92.31%,由此可以看出两地钾的吸收主要在前期,要想产量有所提高要注意前期钾的供应。

表5 公主岭地区春玉米养分吸收进程

Tab.5 Process of nutrient uptake of spring maize in Gongzhuling

生育阶段 Growing period	处理 Treatment	播种后 天数/d Days after sowing	N			P ₂ O ₅			K ₂ O		
			累积量 /(g/m ²) Accumu- lation	阶段吸 收量/ (g/m ²) Phase uptake	日均吸 收量/(g/ m ² ·d)) Daily uptake	累积量 /(g/m ²) Accumu- lation	阶段吸 收量/ (g/m ²) Phase uptake	日均吸 收量/(g/ m ² ·d)) Daily uptake	累积量/ (g/m ²) Accumu- lation	阶段吸 收量/ (g/m ²) Phase uptake	日均吸 收量/(g/ m ² ·d)) Daily uptake
拔节期	先玉 335	52	7.44	7.44	0.14	0.56	0.56	0.01	5.46	5.46	0.11
Jointing stage	郑单 958		7.28	7.28	0.14	0.55	0.55	0.01	5.19	5.19	0.10
吐丝期	先玉 335	90	25.63	18.19	0.48	2.94	2.38	0.06	14.23	8.78	0.23
Silking stage	郑单 958		25.18	17.90	0.47	2.68	2.13	0.06	13.86	8.66	0.23
乳熟期	先玉 335	109	29.22	3.59	0.19	3.24	0.30	0.02	15.42	1.18	0.06
Milk stage	郑单 958		28.62	3.43	0.18	2.80	0.12	0.01	15.21	1.35	0.07
灌浆中期	先玉 335	124	32.85	3.63	0.24	3.64	0.40	0.03	16.77	1.35	0.09
Midfilling stage	郑单 958		32.46	3.84	0.26	3.23	0.44	0.03	16.61	1.4	0.09
成熟期	先玉 335	146	34.77	1.92	0.09	3.75	0.12	0.01	14.71	-2.06	-0.09
Maturity stage	郑单 958		33.98	1.52	0.07	3.32	0.08	0.004	14.61	-1.99	-0.09

表6 乾安地区春玉米吸收进程

Tab.6 Process of nutrient uptake of spring maize in Qianan

生育阶段 Growing period	处理 Treatment	播种后 天数/d Days after sowing	N			P ₂ O ₅			K ₂ O		
			累积量 /(g/m ²) Accumu- lation	阶段吸 收量/ (g/m ²) Phase uptake	日均吸 收量/(g/ m ² ·d)) Daily uptake	累积量 /(g/m ²) Accumu- lation	阶段吸 收量/ (g/m ²) Phase uptake	日均吸 收量/(g/ m ² ·d)) Daily uptake	累积量/ (g/m ²) Accumu- lation	阶段吸 收量/ (g/m ²) Phase uptake	日均吸 收量/(g/ m ² ·d)) Daily uptake
拔节期	先玉 335	38	4.47	4.47	0.12	0.39	0.39	0.01	4.01	4.01	0.11
Jointing stage	郑单 958		4.36	4.36	0.12	0.30	0.30	0.01	3.70	3.70	0.10
大喇叭口期	先玉 335	65	12.12	7.65	0.28	1.17	0.79	0.03	8.94	4.93	0.18
12leaves stage	郑单 958		10.67	6.30	0.23	1.06	0.76	0.03	8.74	5.03	0.19
吐丝期	先玉 335	85	22.26	10.14	0.51	2.34	1.16	0.06	15.21	6.28	0.31
Silking stage	郑单 958		18.77	8.11	0.41	2.19	1.13	0.06	14.03	5.29	0.27
乳熟期	先玉 335	99	24.96	2.70	0.19	2.52	0.18	0.01	15.63	0.42	0.03
Milk stage	郑单 958		21.96	3.19	0.23	2.23	0.03	0.002	14.47	0.44	0.03
灌浆中期	先玉 335	115	28.31	3.35	0.21	3.07	0.55	0.04	16.54	0.91	0.06
Midfilling stage	郑单 958		25.85	3.89	0.24	2.75	0.52	0.03	15.14	0.68	0.04
成熟期	先玉 335	135	29.50	1.19	0.06	3.19	0.11	0.01	15.61	-0.93	-0.05
Maturity stage	郑单 958		27.42	1.56	0.08	2.92	0.17	0.01	14.75	-0.40	-0.02

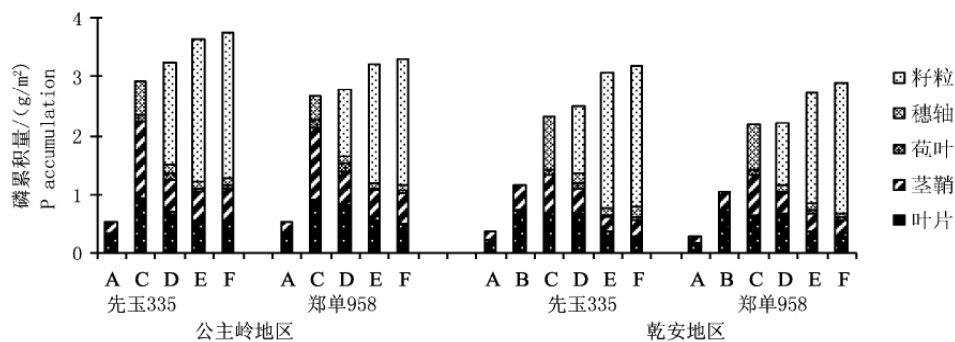


图2 吉林省不同地区春玉米不同生育阶段磷累积量

Fig.2 Phosphorus accumulation of spring maize at different growth stages in different regions of Jilin province

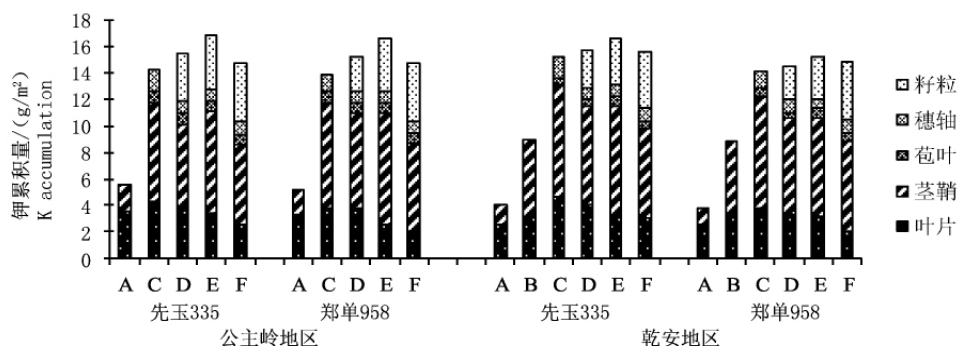


图3 吉林省不同地区春玉米不同生育阶段钾累积量

Fig.3 Potassium accumulation of spring maize at different growth stages in different region of Jilin province

2.3 吉林省不同地区春玉米氮、磷、钾养分的转运

2.3.1 不同地区春玉米氮素的转运 在玉米生长发育的初期,氮素主要分布在叶片和茎秆中,吐丝期前公主岭地区各品种的叶片和茎秆中氮素占全株总氮量的82.48%,乾安为73.64%。在吐丝期前后10~15 d,玉米各营养器官氮累积量达到最大值,而后降低,分配中心转向果穗和籽粒。到成熟期公主岭地区各品种籽粒含氮量占总氮量的59.48%,乾安为64.01%。各器官氮素累积的高低顺序均表现为:籽粒>叶片>茎鞘>穗轴>苞叶(图1)。在养分转运过程中,叶和茎鞘最为重要,公主岭地区叶和茎鞘转运合计对籽粒贡献率平均为42.31%,乾安为35.80%。转运量、转运效率、对籽粒的贡献率均为叶片>茎鞘。成熟期,公主岭地区各品种籽粒平均含氮量为20.46 g/m²,各器官向籽粒转移总氮量为11.49 g/m²,占籽粒总氮量的56.09%;乾安地区分别为18.22 g/m²、10.28 g/m²、56.19%(表7)。说明籽粒中的氮大部分是由器官转运来的,但仍有40%以上的氮素需要靠花后的吸收,因此,要想获得较高的产量,在玉米籽粒灌浆阶段要保证氮肥的充足。叶片转运量在地区与品种之间均存在显著性差异,茎鞘转运量在地区与品种间存在互作,而成熟期籽粒的氮含量只在公主岭的不同品种间存在显著差异。

2.3.2 不同地区春玉米磷素的转运 玉米磷素在各器官中的分配与氮素相似。成熟期,公主岭地区各品种籽粒含磷量占总磷量均值为64.86%,乾安为75.48%。两地各器官磷素累积的高低顺序除吐丝期外都表现为:籽粒>叶片>茎鞘>穗轴>苞叶(图2)。公主岭地区各品种叶和茎鞘转运合计对籽粒的贡献率平均为48.98%,乾安为33.25%。在转运量、转运效率、对籽粒的贡献率上与氮的规律相反,为茎鞘>叶片。到成熟期,公主岭地区各品种籽粒平均含磷量为2.29 g/m²,各器官向籽粒转移总磷量为1.57 g/m²,占籽粒总磷量的68.37%;乾安地区分别为2.30 g/m²、1.52 g/m²、65.86%。籽粒中的磷大部分也来自于器官的转运,另有30%左右的磷素需要补给。叶片转运量差异均不显著,同一地区不同品种间比较,郑单958稍大于先玉335;茎鞘转运量是公主岭地区的处理显著高于乾安地区的处理,而同一地区不同品种间差异不显著。成熟期籽粒的含磷量差异均不显著(表7)。

2.3.3 不同地区春玉米钾素的转运 钾素的吸收积累高峰同样在前期。吐丝期后,钾的分配中心与氮、磷不同,并没有大量转移到籽粒中,而在茎鞘中含量较高。从图3可以看出,茎鞘在生育期的各个阶段都维持着较高的含量,到成熟期公主岭地区各品种茎鞘含钾量占总钾量的43.44%,而籽粒仅为

30.16% ;乾安分别为 44.74% 28.43% 。两地各器官钾素累积量的顺序表现为:茎鞘>籽粒>穗轴>苞叶,同时叶片中也维持了较高的含量,这是因为钾参与产量形成过程中的籽粒代谢过程后,便从籽粒转移出,很少在籽粒中贮存。营养器官中钾的转移也没有完全体现在籽粒中。两地区各处理叶片的转运量比较,公主岭地区稍高于乾安地区,但差异不显

著;在茎鞘转运量方面,乾安地区的转运量显著高于公主岭地区,而同一地区不同品种间差异不显著。两地区叶片和茎鞘转运量与转运效率都表现为叶片>茎鞘。由于钾素后期器官之间的相互转移及损失或淋失,因此未计算各器官钾转运量对籽粒的贡献率。成熟期籽粒的含钾量差异也不显著(表7)。

表7 不同地区春玉米营养器官氮、磷、钾养分转运及其对籽粒的贡献率

Tab.7 Nitrogen, phosphorus and potassium translocation and their contribution to grain of spring maize in different regions

养分指标 Nutrient index	处理 Treatment	叶片 Leaf			茎鞘 Stem			籽粒养分含量 (g/m ²) Nutrient content of grain	器官合计对籽粒的贡献率/% The total contribution percentage of grain
		转运量 (g/m ²) Amount of translocation	转移效率% Translocation efficiency	对籽粒贡献率/% Contribution percentage of grain	转运量 (g/m ²) Amount of translocation	转移效率% Translocation efficiency	对籽粒贡献率/% Contribution percentage of grain		
N	公主岭	先玉335	6.07a	49.5	28.3	3.30a	38.3	15.4	21.45a
		郑单958	5.25b	42.6	27.0	2.72b	31.2	14.0	19.45b
	乾安	先玉335	4.50c	50.8	23.8	2.81b	41.1	14.9	18.95b
		郑单958	3.73d	44.4	21.3	2.03c	33.9	11.6	17.49b
P ₂ O ₅	公主岭	先玉335	0.37a	38.7	15.1	0.75a	57.7	30.5	2.45a
		郑单958	0.41a	43.7	19.1	0.71a	58.4	33.3	2.14a
	乾安	先玉335	0.36a	54.5	15.2	0.40b	57.4	16.6	2.38a
		郑单958	0.37a	55.0	16.6	0.40b	58.3	18.0	2.22a
K ₂ O	公主岭	先玉335	1.82a	42.3		1.34b	18.1		4.47a
		郑单958	1.76a	46.5		1.26b	15.9		4.37a
	乾安	先玉335	1.62a	35.3		1.62a	19.2		4.28a
		郑单958	1.67a	44.7		1.62a	19.3		4.35a

表8 公主岭和乾安地区春玉米生育期内阶段养分积累量与气象因子相关系数(n=22)

Tab.8 Correlation coefficient (r) between phase nutrient accumulation and climate factors during spring maize growing season in Gongzhuling and Qian'an

气象因子 Climate factor	地区 Region	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
积温 Accumulated temperature	公主岭	0.86 **	0.794 *	0.928 **
	乾安	0.63	0.498	0.827 **
降水量 Precipitation	公主岭	0.926 **	0.915 **	0.885 **
	乾安	0.718 *	0.613	0.859 **
日照时数 Sunshine hours	公主岭	0.392	0.105	0.619
	乾安	-0.324	-0.401	0.446

注:* . 在 0.05 水平上显著相关,** . 在 0.01 水平上显著相关。

Note:* and * *. Represented significance at the 0.05 and 0.01 probability level, respectively.

2.4 公主岭和乾安地区氮、磷、钾累积量的差异比较

由以上结果可以看出,公主岭地区的氮、磷、钾的最大累积量均大于乾安地区,而且氮磷的累积量两地区间存在显著差异。但在成熟期公主岭地区钾的累积量低于乾安地区。两地区间养分累积量的差异主要源于土壤养分状况、施肥及气候条件的影响。如表8所示,除乾安地区的氮、磷的阶段累积量与日

照时数成负相关外,其他均与气象因子成正相关,在公主岭地区氮、磷、钾的阶段累积量与该地区的积温和降水量显著相关,乾安地区氮的阶段累积量与降水量显著相关,钾的阶段累积量与积温和降水量显著相关。公主岭地区的土壤养分状况和利于养分累积的气候因子要明显优于乾安地区(表12),尤其是降水量差异很明显,最终导致氮、磷、钾的最大累

积量均表现为公主岭地区高于乾安地区,但器官中钾的养分并没有最终转移到籽粒中,有大部分损失与淋失,因此乾安地区钾肥的补充对成熟期乾安地区各品种的钾累积量略高于公主岭地区起到了重要的作用。在同一地区的不同品种间均是先玉 335 的养分累积量要高于郑单 958。

3 讨论与结论

作物养分累积是生物量的基础,也是作物产量形成的基础。不同的氮、磷、钾配比可以影响养分的吸收量及速率^[14],肥料过多的施用不但造成浪费,而且不利于作物对养分的吸收及产量的提高^[15]。高强等^[16]研究认为,春玉米一次基施在正常年份及相同养分条件下不会好于分次施肥效果。而在吉林地区人们一般采用一次性施肥,使植株不能合理利用肥料,造成肥料的浪费及不平衡现象。探讨植株吸肥规律,进行合理施肥是极其必要的。

公主岭和乾安地区氮、磷的累积量随生育进程的推进逐渐增多,至成熟期达最大值^[17,18];钾的累积量的变化趋势前期与氮、磷相似,至成熟期而有所降低。养分累积量的大小顺序是 $N > K > P$ ^[19,20]。张福锁等^[21]研究结果为 $K > N > P$,这可能与吉林较高的土壤有机质和相对较高的氮肥投入有关。

两地区氮、磷、钾的最大阶段吸收量和吸收速率及分配与转运规律与以往的研究相似^[22,23]。公主岭地区吐丝后的吸氮量占总吸氮量的 26.1%、乾安为 28.0%;磷素方面分别为 20.5%、25.8%,而钾在吐丝期前吸收量占最大吸钾量分别为 84.2%、92.3%。因此,在吉林地区高产栽培应重视后期的养分管理,生产中氮肥、磷肥后移是十分必要的。尽管玉米吸收钾素主要在前期,但仍应重视玉米花期钾肥的施用。现今玉米高产很大程度上是通过增加密度来实现^[24],而此时关键的制约因素就是密植下的倒伏问题^[25],而钾肥可以提高抗倒性,从而为高产提供保障。

植株氮、磷、钾养分含量最高值一般出现在有效积温较高的时期,同时生育期较长也有利于养分的吸收^[26]。由于公主岭地区的土壤养分状况较好,积温偏多,降水量比乾安地区多 322.8 mm,且生育期较长,从而导致公主岭地区的氮、磷、钾的最大累积量要高于乾安地区。但是,由于施肥量的差异,在成熟期公主岭地区钾的累积量要稍低于乾安地区,两个地区间在氮素和磷素累积量方面存在显著性差异。同一地区不同品种间,氮、磷、钾的累积量在 2 个地区均表现为先玉 335 高于郑单 958。2 个地区

在不同生育阶段及不同器官间的相互关系,还需进一步研究。

要想探明两地区的合理施肥模式还需研究不同养分配比及两地区不同的土壤、气候及管理措施互作对作物养分吸收利用的影响,才能全面揭示 2 个地区的养分吸收规律特点及差异。

参考文献:

- [1] 李维岳,才卓,赵化春. 吉林玉米[M]. 长春:吉林科学技术出版社,2000:2-5.
- [2] 东丽. 作物超高产育种途径探析[J]. 西南农业学报,2009,22(5):1477-1481.
- [3] 吕丽华,陶洪斌,夏来坤,等. 不同密度下夏玉米冠层结构及光合特性的变化规律[J]. 作物学报,2008,34(4):718-723.
- [4] 黄振喜,王永军,王空军,等. 产量 15 000 kg/hm² 以上夏玉米灌浆期间的光合特性[J]. 中国农业科学,2007,40(9):1898-1906.
- [5] 吕丽华,王慧军,王璞. 不同施氮量下夏玉米产量形成的源库关系[J]. 华北农学报,2010,25(2):194-199.
- [6] 姚晓旭,于海秋,曹敏建. 氮、钾肥运筹对超高产玉米干物质积累和产量的影响[J]. 华北农学报,2009,24(增刊):176-178.
- [7] Karlen D L. Dry matter, nitrogen, phosphorus, and potassium accumulation rates by corn on Nor folk loamy sand[J]. Agron J,1987,79(4):649-656.
- [8] 高聚林,王志刚,孙继颖,等. 青贮玉米对氮磷钾的吸收规律[J]. 作物学报,2006,32(3):363-368.
- [9] 陈祥,同延安,杨倩. 氮磷钾平衡施肥对夏玉米产量及养分吸收和累积的影响[J]. 中国土壤与肥料,2008,(6):19-22.
- [10] Osaki M. Comparison of productivity between tropical and temperate maize II. Parameters determining the productivity in relation to the amount of nitrogen absorbed[J]. Soil Sci Plant Nutr,1995,41(3):451-459.
- [11] 佟屏亚,凌碧莹. 夏玉米氮、磷、钾累积和分配态势的研究[J]. 玉米科学,1994,2(2):65-69.
- [12] 何萍,金继运,林葆. 氮肥用量对春玉米叶片衰老的影响及其机理研究[J]. 中国农业科学,1998,31(3):1-4.
- [13] 胡昌浩,潘子龙. 夏玉米同化产物积累与养分吸收分配规律的研究 II. 氮、磷、钾的吸收、分配与转移规律[J]. 中国农业科学,1982(2):38-48.
- [14] 黄绍文,孙桂芳,金继运,等. 氮、磷和钾营养对优质玉米子粒产量和营养品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2004,10(3):225-230.
- [15] 赵营,同延安,赵护兵. 不同供氮水平对夏玉米养

- 分累积、转运及产量的影响[J]. 植物营养与肥料学报 2006, 12(5): 622-627.
- [16] 高 强, 李德忠, 汪娟娟, 等. 春玉米一次性施肥效果研究[J]. 玉米科学 2007, 15(4): 125-128.
- [17] Hanway J J. Corn growth and composition in relation to soil fertility: II. Uptake of N, P, and K and their distribution in different plant parts during the growing season[J]. Agron J, 1962b, 54: 217-222.
- [18] Karlen D L, et al. Aerial accumulation and partitioning of nutrients by corn[J]. Agron J, 1988, 80(2): 232-242.
- [19] 张 颖. 不同产量类型春玉米养分吸收特点及其分配规律的研究[J]. 玉米科学 1997, 5(3): 70-72.
- [20] Belay A, Claassens A, Wehner F. Effect of direct nitrogen and potassium and residual phosphorus fertilizers on soil chemical properties, microbial components and maize yield under long-term crop rotation[J]. Biology and Fertility of Soils 2002, 7: 420-427.
- [21] 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.
- [22] 宋海星, 李生秀. 玉米生长量、养分吸收量及氮肥利用率的动态变化[J]. 中国农业科学 2003, 36(1): 71-76.
- [23] Sayre H V. Mineral accumulation in corn[J]. Plant Physiol, 1948, 23(3): 267-281.
- [24] 赵久然, 王荣焕. 美国玉米持续增产的因素及其对我国的启示[J]. 玉米科学 2009, 17(5): 156-159, 163.
- [25] 勾 玲, 黄建军, 张 宾, 等. 群体密度对玉米茎秆抗倒力学和农艺性状的影响[J]. 作物学报 2007, 33(10): 1688-1695.
- [26] 高 伟, 金继运, 何 萍, 等. 我国北方不同地区玉米养分吸收及累积动态研究[J]. 植物营养与肥料学报 2008, 14(4): 623-629.
- [27] 梁哲军, 陶洪斌, 赵海祯, 等. 苗期土壤水分亏缺后玉米光合生理的恢复[J]. 华北农学报 2009, 24(2): 121-125.
- [28] 夏来坤, 陶洪斌, 朱金城, 等. 施氮时期对夏玉米碳氮运转及氮肥利用的影响[J]. 华北农学报 2009, 24(3): 212-215.
- [29] 戴明宏, 陶宏斌, 王利纳, 等. 不同氮肥管理对春玉米干物质生产、分配及运转的影响[J]. 华北农学报, 2008, 23(1): 158-161.
- [30] 郭红梅, 王宏庭, 王 斌, 等. 氮肥运筹对春玉米产量及经济效益的影响[J]. 山西农业科学 2008, 11: 68-71.
- [31] 高聚林, 刘克礼. 春玉米植株体中蔗糖含量的变化[J]. 华北农学报 1995, 8(1): 31-36.
- [32] 赵建明, 郑必昭. 山西省中北部春玉米合理施用氮磷的研究[J]. 山西农业科学 2007, 8: 54-57.