

[文章编号] 1000-2782(1999)05-0011-06

# 施肥对春玉米养分吸收和 产量形成的影响

胡田田<sup>1</sup>, 肖玲<sup>2</sup>, 李岗<sup>2</sup>, 魏永东<sup>2</sup>

(1. 西北农业大学实验中心; 2. 西北农业大学资源与环境科学系, 陕西杨陵 712100)

[摘要] 研究了施肥对春玉米叶面积系数、氮、磷、钾吸收状况及干物质积累分配和经济产量的影响, 并探讨了上述诸生长因素与经济产量之间的关系。结果表明, 施肥使春玉米吸钾主要集中在前期的特性更加明显, 全生育期的氮、磷吸收出现2个高峰(不施肥处理仅前期有1个氮、磷吸收高峰), 灌浆期叶面积系数保持较高数值, 后期干物质积累量大幅度提高, 同时也使经济系数明显增大。相关分析指出, 灌浆期叶面积系数, 前、中期吸钾量, 后期吸收氮、磷量及各生长发育阶段的干物质积累量均与经济产量显著相关。

[关键词] 肥料; 春玉米; 养分吸收; 叶面积系数; 干物质积累

[中图分类号] S512.106.2 [文献标识码] A

陕西渭北旱塬人少地多, 春玉米是其主要农作物之一, 但土壤肥力低下<sup>[1]</sup>, 限制了产量的进一步提高。通过施肥, 不论氮、磷、钾单施或配合施用均可使产量水平明显提高<sup>[2]</sup>。目前, 研究玉米养分吸收、同化产物积累分配规律的报道较多<sup>[3-8]</sup>, 但从施肥对春玉米叶面系数变化动态、养分吸收及干物质积累分配的影响方面探索施肥效果的研究很少。本研究通过田间试验, 对此进行了较系统的分析, 以为该项研究提供参考。

## 1 材料与与方法

田间试验于1993年4~9月在陕西乾县北部塬区进行。试验地土壤为黄土塬土, 质地中壤, 有机质  $12.69 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 全氮  $0.79 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 全磷  $1.32 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 碱解氮  $59.4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 速效磷  $8.5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 速效钾  $179.8 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

试验设对照( $\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$ )、低肥( $\text{N}_{270}\text{P}_{135}\text{K}_{180}$ )、中肥( $\text{N}_{360}\text{P}_{180}\text{K}_{240}$ )及高肥( $\text{N}_{450}\text{P}_{225}\text{K}_{300}$ )4个施肥处理, 其中N, P, K的下标分别指每 $\text{hm}^2$ 施用 $\text{N}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ 的 $\text{kg}$ 数。随机排列, 重复3次。磷肥、钾肥作底肥施入, 氮肥的2/3作底肥, 另1/3留作喇叭口期追施。供试品种为掖单13。4月14日播种, 23日出苗。分别在拔节(6月4日)、喇叭口(6月22日)、吐丝(7月10日)、灌浆(8月12日)及成熟收获期(9月15日)采集植株样品, 测定叶面积系数及植株干质量, 并测定其全N,  $\text{P}_2\text{O}_5$ 和 $\text{K}_2\text{O}$ 含量。收获后统计各处理经济产量, 试验所涉及测定项目均按常规分析方法进行<sup>[9]</sup>。

[收稿日期] 1999-09-18

[基金项目] 国家“八五”科技攻关项目(85-008-01-05)

[作者简介] 胡田田, 女, 1966年生, 助理研究员, 硕士

## 2 结果与分析

### 2.1 春玉米经济产量

低肥、中肥、高肥处理的春玉米产量达 12.525, 14.138, 16.2 t · hm<sup>-2</sup>, 分别是对照 (7.538 t · hm<sup>-2</sup>) 的 1.66, 1.88, 2.15 倍, 其增产率为 66.17%, 87.56% 和 114.93%, 说明该地区土壤养分缺乏, 施肥可以大幅度提高产量。

### 2.2 春玉米叶面积系数变化动态

从不同施肥水平春玉米叶面积系数随生育期的变化情况 (图 1) 可以看出, 无论对照还是施肥处理, 从拔节到吐丝, 叶面积系数均快速增加, 在吐丝期达到最高, 之后开始减小。施肥与对照差异在于, 前者叶面积系数增长速度明显快, 最大叶面积系数也要高得多; 而且施肥处理的叶面积系数, 在吐丝以后下降速度明显慢, 致使灌浆时叶面积系数较大, 施肥为对照的 2.19 ~ 2.44 倍。这就为玉米充分利用光能, 提高干物质累积和经济产量奠定了基础。

### 2.3 春玉米干物质积累与分配

不同施肥处理春玉米各生长阶段干物质平均积累速度、积累量及相对积累量 (各阶段积累量占全生育期总积累量的百分率) 的测定结果见表 1。

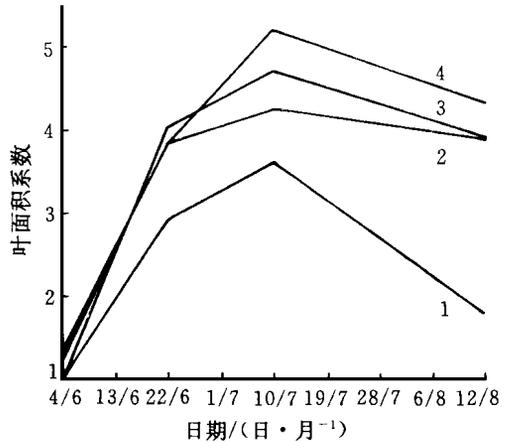


图 1 不同施肥水平春玉米叶面积系数随生育期的变化

1. 高肥; 2. 中肥; 3. 低肥; 4. 对照

表 1 不同施肥处理春玉米各生长阶段干物质的变化

生长阶段	对 照			低 肥		
	积累量/ (g · 株 <sup>-1</sup> )	相对积累量/ %	积累速度/ (g · 株 <sup>-1</sup> · d <sup>-1</sup> )	积累量/ (g · 株 <sup>-1</sup> )	相对积累量/ %	积累速度/ (g · 株 <sup>-1</sup> · d <sup>-1</sup> )
出苗—拔节	10.9	4.58	0.260	13.8	3.49	0.329
拔节—喇叭口	46.9	19.72	2.606	51.2	12.96	2.844
喇叭口—吐丝	50.0	21.03	2.778	53.6	13.58	2.978
吐丝—灌浆	44.7	18.80	1.355	120.0	30.38	3.636
灌浆—成熟	85.3	35.87	2.509	156.4	39.59	4.600
生长阶段	中 肥			高 肥		
	积累量/ (g · 株 <sup>-1</sup> )	相对积累量/ %	积累速度/ (g · 株 <sup>-1</sup> · d <sup>-1</sup> )	积累量/ (g · 株 <sup>-1</sup> )	相对积累量/ %	积累速度/ (g · 株 <sup>-1</sup> · d <sup>-1</sup> )
出苗—拔节	18.2	4.04	0.433	20.6	4.01	0.490
拔节—喇叭口	56.8	12.62	3.156	58.7	11.44	3.261
喇叭口—吐丝	47.8	10.62	2.656	49.2	9.59	2.733
吐丝—灌浆	158.0	35.10	4.788	172.3	33.57	5.221
灌浆—成熟	169.2	37.60	4.976	212.5	41.40	6.250

表 1 结果表明, 春玉米各生长阶段干物质积累速度均随施肥水平提高而增大(喇叭口至吐丝阶段例外), 而且进入吐丝期以后, 积累速度增加幅度更大, 致使各阶段干物质积累量均随施肥水平提高而增加, 尤其是吐丝至灌浆、灌浆至成熟阶段干物质积累增加特别明显。从不施肥到施肥, 拔节至喇叭口期、喇叭口至吐丝期两阶段干物质相对积累量均下降, 吐丝至灌浆、灌浆至成熟两阶段相对积累量均迅速升高。可见, 施肥不仅明显增加了花粒期干物质绝对积累量, 而且使其相对积累量也大幅度提高。

各施肥处理灌浆期及收获期茎叶、穗轴、籽粒中干物质分配情况(表 2)表明, 无论灌浆期还是收获期, 施肥均促使籽粒干物质分配量占植株总干物质积累量的百分率(即分配百分率)上升, 茎叶、穗轴干物质分配百分率下降。说明施肥促使干物质分配向有利于经济产量提高的方向变化, 即施肥提高了春玉米的经济系数(表 2)。

表 2 灌浆、成熟两期春玉米植株各器官干物质积累及分配情况

处 理	器 官	灌浆期		成熟期		经济系数
		干物质积累量/ (g · 株 <sup>-1</sup> )	分配百分率/ %	干物质积累量/ (g · 株 <sup>-1</sup> )	分配百分率/ %	
对 照	茎叶	101.2	66.36	110.3	46.35	0.456
	籽粒	35.3	23.15	108.5	45.63	
	穗轴	16.0	10.49	19.0	7.99	
低 肥	茎叶	115.3	48.38	160.3	40.58	0.544
	籽粒	105.0	44.06	214.7	54.35	
	穗轴	18.0	7.55	20.0	5.06	
中 肥	茎叶	157.0	55.91	210.0	46.67	0.484
	籽粒	105.8	37.68	218.0	48.44	
	穗轴	18.0	6.41	22.0	4.89	
高 肥	茎叶	162.5	54.02	227.3	44.28	0.517
	籽粒	1189.3	39.66	266.0	51.82	
	穗轴	19.0	6.32	20.0	3.90	

## 2.4 施肥对春玉米吸收氮、磷、钾的影响

2.4.1 氮素吸收状况 不同施肥处理下, 春玉米各生长阶段吸氮量、相对吸氮量(各阶段吸收量占全生育期总吸收量的百分率, 下同, 磷、钾亦如此)表明, 施肥引起的春玉米吸氮差异主要表现在中后期。不施肥情况下, 春玉米穗期吸氮量很大, 吸收氮量占全生育期总吸收氮量的 47.09%。施肥情况下, 穗期吸氮绝对量虽然增加, 但其相对量减小, 仅为 25.2% ~ 37.66%; 而花粒期不仅绝对吸氮量急剧增大, 相对吸氮量也迅速升高, 可达全生育期总吸氮量的 49.5% ~ 58.5%(表 3)。这说明施肥在增加各生长阶段尤其是花粒期绝对吸氮量的同时, 还改变了各阶段相对吸氮量, 特别是明显提高了花粒期相对吸氮量。

各生育阶段氮素吸收的平均速度(表 3)表明, 不施肥处理春玉米一生中只有 1 个吸氮高峰, 在拔节至喇叭口期; 而施肥处理有 2 个吸氮高峰, 第 1 个同样出现在拔节至喇叭口期, 第 2 个出现在吐丝至灌浆期, 且后一个峰值高于前一个(低肥除外)。此外, 随施肥水平提高, 各生育阶段吸氮速度均相应增大, 其中尤以吐丝至灌浆期的增加幅度最大。可见, 施肥提高了春玉米的吸氮强度, 尤其是生长发育后期的吸氮强度。

表 3 不同施肥处理春玉米各生长阶段吸收氮、磷、钾状况

营养元素	生长阶段	对 照			低 肥		
		吸收速度	吸收量	相对吸收量/%	吸收速度	吸收量	相对吸收量/%
N	出苗—拔节	0.572	24.02	17.95	0.731	30.70	12.84
	拔节—喇叭口	2.275	40.95	30.60	3.847	69.25	28.96
	喇叭口—吐丝	1.226	22.07	16.49	1.155	20.79	8.70
	吐丝—灌浆	0.835	27.56	20.60	1.937	63.92	26.73
	灌浆—成熟	0.565	19.21	14.36	1.601	54.43	22.77
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	出苗—拔节	0.084	3.53	13.82	0.094	3.95	9.88
	拔节—喇叭口	0.507	9.13	35.74	0.524	9.43	23.34
	喇叭口—吐丝	1.226	22.07	16.49	1.155	20.79	8.70
	吐丝—灌浆	0.205	6.77	26.50	0.480	15.84	39.20
	灌浆—成熟	0.072	2.45	9.58	0.220	7.48	18.51
K <sub>2</sub> O	出苗—拔节	0.711	29.86	15.41	0.945	39.69	13.33
	拔节—喇叭口	3.865	69.57	35.91	7.435	133.83	44.96
	喇叭口—吐丝	1.839	33.10	17.08	3.226	58.07	19.51
	吐丝—灌浆	1.128	37.22	19.21	1.125	37.13	12.47
	灌浆—成熟	0.706	24.00	12.39	0.851	28.93	9.72
营养元素	生长阶段	中 肥			高 肥		
		吸收速度	吸收量	相对吸收量/%	吸收速度	吸收量	相对吸收量/%
N	出苗—拔节	1.206	50.65	15.48	1.427	59.93	16.31
	拔节—喇叭口	3.422	61.60	18.83	3.352	60.34	16.43
	喇叭口—吐丝	1.375	24.75	7.57	1.789	32.20	8.77
	吐丝—灌浆	4.197	138.50	42.34	4.655	153.62	41.82
	灌浆—成熟	1.518	51.61	15.78	1.802	61.27	16.68
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	出苗—拔节	0.160	6.72	14.82	0.180	7.56	15.39
	拔节—喇叭口	0.604	10.87	23.97	0.636	11.45	23.31
	喇叭口—吐丝	0.233	4.19	9.24	0.243	4.37	8.89
	吐丝—灌浆	0.577	19.04	41.99	0.599	19.77	40.24
	灌浆—成熟	0.133	4.52	9.97	0.176	5.98	12.17
K <sub>2</sub> O	出苗—拔节	1.295	54.39	19.27	1.563	65.65	17.43
	拔节—喇叭口	6.518	117.32	41.57	8.249	148.48	39.42
	喇叭口—吐丝	3.225	58.05	20.57	3.634	65.41	17.36
	吐丝—灌浆	1.014	33.46	11.86	2.073	68.41	18.16
	灌浆—成熟	0.558	18.97	6.72	0.845	28.73	7.63

注: 吸收速率单位为  $\text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{d})$ ; 吸收量单位为  $\text{kg}/\text{hm}^2$ 。

2.4.2 磷素吸收状况 春玉米苗期、拔节至喇叭口、喇叭口至吐丝期 3 阶段吸磷量均随施肥水平提高而增大, 但后两个生长阶段中, 相对吸磷量均随施肥水平提高而减小。进入吐丝期以后, 吸磷量急剧增加, 增加幅度随施肥水平增大而变大, 相对吸磷量也随之提高, 并随施肥水平提高而增大(表 3)。不同施肥处理各个生长发育阶段玉米吸收磷素平均速度的变化规律与氮素相似(表 3), 即施肥增加了各生长阶段, 特别是显著增加了吐丝至灌浆期的磷素吸收强度, 从而加大了后期磷素绝对吸收量和相对吸收量。

2.4.3 钾素吸收状况 不同施肥处理下, 春玉米各个生长阶段吸收钾素平均速度变化规律相似(表 3), 各施肥处理均是苗期吸钾速度慢, 拔节至喇叭口期速度迅速加快, 达到一

生中吸钾速度最高峰值; 进入喇叭口期以后, 春玉米吸收钾的速度逐渐下降。施肥的效果表现在, 各处理均不同程度地增大了各阶段吸钾速率和吸钾量, 尤其是显著增加了吐丝以前的吸钾速度、绝对吸钾量和相对吸钾量。吸钾高峰期即拔节至喇叭口期施肥处理吸钾速度是对照的 1.69 ~ 2.13 倍。截止吐丝期, 施肥处理绝对吸钾量是对照的 1.73 ~ 2.11 倍, 相对吸钾量前者为 74.21% ~ 81.42%, 后者为 68.4%。可见, 春玉米吸钾主要集中在吐丝以前, 施肥的影响也主要表现在这一阶段。

## 2.5 各生长因素与经济产量形成的关系

相关分析表明, 拔节、喇叭口、吐丝、灌浆各期叶面积系数与经济产量的相关系数分别为 0.834, 0.829, 0.883, 0.962, 其中仅灌浆期叶面积系数与经济产量之间的相关性达 5% 显著水准, 说明灌浆期叶面积系数的大小与产量高低密切相关。从表 4 可以看出, 春玉米经济产量的高低与前期、中期吸钾量, 后期吸收氮、磷量及各生长阶段, 特别是后期干物质积累量有非常密切的关系。计算表明, 灌浆期叶面积系数, 前期、中期吸钾量, 后期吸收氮、磷量及各生长阶段干物质积累量均在一定程度上决定了经济产量的高低, 其决定系数为 90.63% ~ 99.98%。这反映出, 春玉米叶面积系数, 吸收氮、磷、钾量及干物质积累量与经济产量之间有其必然的内在联系, 这种内在关系由春玉米自身的生理生化变化及生长发育规律决定。

表 4 不同生长阶段各生长因素与经济产量的相关系数

生长阶段	干物质积累量	吸氮量	吸磷量	吸钾量
苗期	0.952 <sup>*</sup>	0.912	0.874	0.957 <sup>*</sup>
穗期	0.979 <sup>*</sup>	0.933	0.881	0.956 <sup>*</sup>
花粒期	0.9999 <sup>*</sup>	0.976 <sup>*</sup>	0.959 <sup>*</sup>	0.535

注:  $Df = 2$ ,  $r_{0.05} = 0.950$ ,  $r_{0.01} = 0.990$ .

## 3 结 论

春玉米经济产量的高低与灌浆期叶面积系数, 前、中期吸钾量, 后期吸收氮、磷量及各生长阶段, 特别是后期干物质积累量有非常密切的关系。施肥正是通过使春玉米前期吸钾的特性更加明显, 后期吸收氮、磷的高峰得以充分体现, 并通过显著提高灌浆期叶面积系数及后期干物质积累速度和经济系数, 从而实现了作物产量的大幅度增加。因此, 该区春玉米施肥, 钾肥宜早; 磷肥需足量; 氮肥不仅量要足, 而且在吐丝前要追施 1 次。

### [参考文献]

- [1] 张福锁, 朱耀瑄. 旱地小麦生产第一因素[J]. 干旱地区农业研究, 1992, 10(1): 39 ~ 42.
- [2] 陈国平, 李伯航主编. 紧凑型玉米高产栽培的理论与实践[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996.
- [3] 傅应春, 陈国平. 夏玉米需肥规律的研究[J]. 作物学报, 1982, 8(1): 1 ~ 7.
- [4] 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[J]. 中国农业科学, 1982, 15(2): 38 ~ 48.
- [5] 刘景辉, 刘克礼. 春玉米需氮规律的研究[J]. 内蒙古农牧学院学报, 1994, 15(3): 12 ~ 18.
- [6] 刘景辉, 刘克礼. 春玉米需磷规律的研究[J]. 内蒙古农牧学院学报, 1995, 16(2): 19 ~ 25.
- [7] 刘景辉, 刘克礼, 高聚林, 等. 春玉米需钾规律的研究[J]. 内蒙古农牧学院学报, 1996, 17(2): 30 ~ 35.
- [8] 刘景辉, 刘克礼. 春玉米干物质积累、分配与转移规律的研究[J]. 内蒙古农牧学院学报, 1994, 15(1): 1 ~ 9.
- [9] 南京农学院主编. 土壤农化分析[M]. 北京: 农业出版社, 1983.

# The effects of fertilization on nutrient absorption and yield formation of spring maize

HU Tian-tian<sup>1</sup>, XIAO Ling<sup>2</sup>, LI Gang<sup>2</sup>, WEI Yong-dong<sup>1</sup>

(1. Central Lab, Northw estern Agricultural Univer sity, Yangling, Shaaxi 712100, China)

(2. Department of Resources and Environmental Science, Northw ester n Agricultural University, Yangling, Shaaxi 712100, China)

**Abstract:** The effects of fertilization on the leaf area coefficient, on absorption of nitrogen, phosphorus and potassium, and on accumulation and distribution of dry matter during all stages and economic yield of spring maize were studied. Also, the relationship between the above-mentioned growth elements and economic yield was investigated. The results were as follows: Fertilization enhanced K absorption more obviously in the earlier stage of spring maize. To fertilizer treatment, the absorption of N and P occurred with two peaks during the whole life stage, and to control, only one peak in the earlier stage. Similarly, fertilizer application largely increased the leaf area coefficient at filling time, the amount of dry matter accumulation during the later stage and the economic coefficient. The correlation analysis indicated that the leaf area coefficient at filling time, amounts of potassium absorption during the earlier and middle stages, amounts of nitrogen and phosphorus absorption during the later stage and dry matter accumulation during each stage were significantly related with the economic yield of spring maize.

**Key words:** fertilizer; spring maize; nutrient absorption; leaf area coefficient; dry matter accumulation

## 《西北农业大学学报》加入万方数据(China Info)系统科技期刊群的声明

为了实现科技期刊编辑、出版发行工作的电子化,推进科技信息交流的网络化进程,我刊现已入网“万方数据资源系统(China Info)数字化期刊群”,所以,向本刊投稿并录用的稿件文章,将由编辑部统一纳入万方数据资源系统(China Info),进入因特网提供信息服务。凡有不同意见者,请另投它刊。本刊所付稿酬包含刊物内容上网服务报酬,不再另付。

万方数据资源系统(China Info)数字化期刊群是国家“九五”重点科技攻关项目,截止 1999 年 7 月已有 600 种期刊全文上网(网址: <http://www.chinainfo.gov.cn/periodical>),将在年内增至 1000 余种科技期刊。本刊全文内容按照统一格式制作编入万方数据资源系统(China Info),读者可上因特网进入万方数据资源系统(China Info)免费(一年后开始酌情收费)查询浏览本刊内容,也欢迎各界朋友通过万方数据资源系统(China Info)向我刊提出宝贵意见、建议,或订阅本刊。

《西北农业大学学报》编辑部

1999-10