

高产夏玉米硫的吸收与再分配研究

崔彦宏 张桂银 郭景伦 李伯航

(河北农业大学,保定 071001)

摘要 在高产条件下,就两种株型夏玉米在不同生育时期对硫的吸收、积累及硫在不同器官间的分配与再分配进行了测定分析。玉米植株相对含硫量在一生中呈前期高后期低的变化趋势。植株硫在吐丝前主要分配到叶片、茎秆和叶鞘中,吐丝后硫的分配重点则转向籽粒。玉米对硫的吸收有两个高峰期,平展型品种分别在拔节至大喇叭口期和籽粒形成期;紧凑型品种分别在大喇叭口至吐丝期和灌浆盛期。形成百公斤籽粒吸硫0.152~0.156公斤。籽粒中的硫有30.9%~46.52%来自于其它器官硫的再分配,向籽粒转移硫量最多的器官是茎秆和叶片。

关键词 夏玉米 株型 硫 吸收 再分配

随着玉米产量水平的不断提高和氮、磷、钾肥施用量的增大,硫对玉米的增产作用日趋明显^[10]。有关玉米硫营养诊断及硫对玉米生理代谢影响方面的研究也相继开展^[5,10]。Karlen D. I. 等1988年^[2]曾就春玉米对硫的吸收与积累进行了研究。但国内有关方面的研究尚属空白。本试验在高产条件下,就两种株型夏玉米对硫的吸收、积累及硫在不同器官间的分配和再分配进行了测定分析,以揭示高产夏玉米对硫营养的吸收与分配规律,为硫营养诊断及营养元素的平衡施用提供科学依据。

1 材料与方法

试验于1991年在校内标本园进行。试验地0~20厘米土层内含有有机质1.85%,全氮0.0833%,速效氮75.4mg/kg,速效磷35.0mg/kg,速效钾140mg/kg,有效硫27.5mg/kg。播前公顷施优质粗肥75立方米, N375公斤, P₂O₅187.5公斤, K₂O187.5公斤。

紧凑型品种选用掖单13号,每公顷种植7.5万株;平展型品种选用沈单7号,每公顷种植5.25万株。6月10日播种,15日出苗,

9月29日收获。掖单13号公顷产11700公斤,沈单7号公顷产7875公斤。分别在三展叶、拔节期、大喇叭口期、吐丝期、吐丝后15天、30天、45天和完熟期取株。将植株分为叶片、叶鞘、茎秆、雄穗、苞叶、花丝、穗柄、穗轴和籽粒。样品用去离子水冲洗干净,105℃杀死,80℃烘干至恒重。植株样品硫采用HNO₃-HClO₄消煮-B₂SO₄比浊法测定。

2 结果与分析

2.1 玉米植株含硫量及硫在器官间的分配

不同生育时期对玉米植株各器官含硫量的测定结果列于表1。由测定结果可以看出:

2.1.1 植株含硫量在一生中呈现出前期高后期低的变化特点。三展叶时植株含硫量最高,以后逐渐下降,开始灌浆后保持相对稳定,完熟期植株含硫量为0.077%~0.081%。

2.1.2 不同器官含硫量在一生中具有不同的变化趋势。各器官相对含硫量的变化在较大程度上取决于器官干物重的变化。

2.1.3 两种株型玉米器官间含硫量的变化趋势基本一致。紧凑型品种植株含硫量在灌浆前略低于平展型品种,以后又略高于平展型品种。

表 1 玉米植株各器官相对含硫量 (占干重%)

器官	平展型品种(沈单 7 号)								紧凑型品种(掖单 13 号)							
	三 展 叶	拔 节 期	大 喇 叭 口 期	吐 丝 期	吐 丝 后 15 天	吐 丝 后 30 天	吐 丝 后 45 天	完 熟 期	三 展 叶	拔 节 期	大 喇 叭 口 期	吐 丝 期	吐 丝 后 15 天	吐 丝 后 30 天	吐 丝 后 45 天	完 熟 期
叶片	0.172	0.157	0.136	0.130	0.119	0.107	0.111	0.132	0.190	0.157	0.139	0.127	0.130	0.133	0.136	0.145
叶鞘	0.141	0.116	0.084	0.060	0.059	0.058	0.089	0.094	0.043	0.087	0.056	0.063	0.067	0.075	0.088	0.096
茎秆		0.214	0.127	0.089	0.072	0.083	0.081	0.063		0.221	0.102	0.072	0.058	0.060	0.062	0.065
雄穗			0.150	0.124	0.143	0.124	0.161	0.166			0.174	0.124	0.146	0.142	0.144	0.186
苞叶			0.129	0.116	0.053	0.059	0.053	0.056				0.073	0.061	0.067	0.076	0.086
花丝				0.121	0.167	0.140	0.199	0.213				0.076	0.128	0.155	0.183	0.237
穗柄				0.146	0.158	0.094	0.078	0.074				0.145	0.140	0.082	0.071	0.093
穗轴				0.177	0.056	0.042	0.053	0.038				0.169	0.039	0.029	0.033	0.023
籽粒					0.080	0.073	0.067	0.071					0.084	0.077	0.072	0.072
全株	0.167	0.144	0.127	0.107	0.084	0.078	0.078	0.077	0.161	0.147	0.115	0.094	0.083	0.081	0.082	0.081

吐丝前,植株吸收的硫主要分配到叶片、茎秆和叶鞘中;吐丝后硫的分配重点则转向籽粒。到完熟期,植株株体内硫的分配为:籽粒>叶片>茎秆>叶鞘>苞叶>穗轴>雄穗>花丝>穗柄(图 1、图 2)。

2.2 玉米植株不同生育时期对硫的吸收与积累

2.2.1 阶段吸收量

玉米在苗期阶段吸硫量较少,占一生吸

收量的 6.25%~6.75%;穗期阶段吸硫最多,占 56.72%~56.96%;花粒期吸收约 36.29%~37.56%。平展型品种在拔节至大喇叭口期吸硫最多,占 43.54%;吐丝至吐丝后 15 天(籽粒形成期)吸收 28.29%。紧凑型品种在大喇叭口至吐丝期吸硫最多,占 32.35%;拔节至大喇叭口期吸收 24.61%(表 2)。

表 2 玉米植株不同生育时期对硫的吸收与积累

生育时期	出苗后天数	紧凑型品种(掖单 13 号)						出苗后天数	平展型品种(沈单 7 号)					
		累计吸收量		阶段吸收量		吸收 强度	累计吸收量		阶段吸收量		吸收 强度			
		kg/ha	%	kg/ha	%		(g · ha ⁻¹ · 日 ⁻¹)		kg/ha	%		kg/ha	%	(g · ha ⁻¹ · 日 ⁻¹)
三 展 叶	8	0.375	2.10	0.375	2.10	46.95	10	0.317	2.56	0.317	2.56	31.50		
拔 节 期	21	1.215	6.75	0.840	4.66	64.65	21	0.765	6.22	0.450	3.66	40.95		
大喇叭口期	38	5.640	31.36	4.425	24.61	260.25	38	6.120	49.76	5.355	43.54	315.00		
吐 丝 期	54	11.460	63.71	5.820	32.35	363.75	55	7.680	62.44	1.560	12.68	91.65		
吐丝后 15 天	69	12.330	68.56	0.870	4.85	58.05	70	11.160	90.73	3.480	28.29	232.05		
吐丝后 30 天	84	14.640	81.41	2.310	12.85	154.05	85	11.790	95.88	0.630	5.12	42.00		
吐丝后 45 天	99	17.985	100.00	3.345	18.59	223.05	100	12.030	97.80	0.240	1.95	16.05		
完 熟 期	107	17.835	99.15	-0.150	-0.85	0.00	107	12.300	100.00	0.270	2.20	38.55		

2.2.2 累计吸收量

到大喇叭口期,紧凑型品种累计吸收 31.36%,平展型品种吸收近 50%。吐丝时,两种株型玉米累计吸收 62.44%~63.71%;吐丝后 15 天,平展型品种已吸收 90.73%;

紧凑型品种只吸收了 68.56%(表 2)。紧凑型品种在灌浆阶段仍需 30%左右的硫。掖单 13 号每公顷吸硫 17.85 公斤,沈单 7 号公顷吸硫 12.3 公斤,形成百公斤籽粒吸硫 0.152~0.156 公斤。

2.2.3 吸收强度

玉米对硫的吸收有两个高峰期。平展型品种第一个高峰在拔节至大喇叭口期,吸收强度为 $315\text{g} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{日}^{-1}$;第二个高峰在吐丝至吐丝后 15 天(即籽粒形成期),吸收强度为 $232.05\text{g} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{日}^{-1}$ 。紧凑型品种第一

个高峰出现在大喇叭口至吐丝期,吸收强度为 $363.75\text{g} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{日}^{-1}$;第二个高峰出现在吐丝后 30 天至 45 天,吸收强度为 $222.9\text{g} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{日}^{-1}$ (图 3)。紧凑型品种的两个吸收高峰期均滞后于平展型品种。

2.3 玉米植株体内硫的再分配

表 3 玉米植株各器官吸硫量及硫的再分配

品种类型	器官	器官吸硫量(毫克)								粒转移量(毫克) 各器官向籽	全株转移量占 器官转移量(%)	籽粒吸收量占 器官转移量(%)
		三 展 叶	拔 节 期	大 喇 叭 口 期	吐 丝 期	吐 丝 后 15 天	吐 丝 后 30 天	吐 丝 后 45 天	完 熟 期			
平展型	叶片	5.215	11.630	68.095	63.080	68.837	52.674	48.605	54.494	14.343	29.15	13.56
	叶鞘	0.863	2.138	11.249	11.075	14.158	11.525	16.246	15.856	0.391	0.79	0.37
	茎秆		0.879	32.294	38.623	48.50	44.046	42.124	30.475	18.020	36.63	17.04
	穗			4.455	10.615	10.886	6.820	6.776	7.258	3.629	7.38	3.43
	苞叶			0.500	12.250	11.239	9.893	6.930	7.628	4.623	9.40	4.37
	穗柄				1.678	4.980	2.661	1.834	1.647	3.333	6.77	3.15
	穗轴				6.563	12.004	8.737	11.109	9.353	2.651	5.39	2.51
	花丝				2.378	4.095	2.062	2.169	1.888	2.207	4.49	2.09
	籽粒					37.786	86.258	93.24	105.750	—	—	—
	全株	6.078	14.646	116.592	146.262	212.480	224.675	229.033	234.348	49.195	100.00	46.52
紧凑型	叶片	4.763	12.491	48.773	65.185	65.007	57.059	57.768	55.908	9.277	26.77	8.27
	叶鞘	0.264	1.949	6.261	15.671	14.757	12.590	14.452	16.598	0	0	0
	茎秆		1.751	17.826	43.449	36.982	29.258	31.610	31.272	12.177	35.14	10.86
	穗			2.330	14.088	7.827	5.213	6.244	6.381	7.707	22.24	6.87
	苞叶				5.984	8.917	7.251	7.793	7.657	1.260	3.64	1.12
	穗柄				2.152	2.807	1.598	1.568	1.528	1.279	3.69	1.14
	穗轴				4.779	5.469	5.171	6.906	3.958	2.948	8.51	2.63
	花丝				1.445	2.142	1.802	1.840	2.285	0	0	0
	籽粒					20.479	75.264	111.60	112.164	—	—	—
	全株	5.027	6.191	75.190	152.753	164.386	195.207	239.781	237.751	34.648	100.00	30.89

表 4 玉米不同生育时期植株和叶片氮、硫比

品种	部位	三展叶	拔节期	大喇叭口期	吐丝期	吐丝后 15 天	吐丝后 30 天	吐丝后 45 天	完熟期
掖 13	叶片	22.0	22.1	19.1	22.1	18.4	16.2	12.9	10.6
	植株	24.2	22.0	18.8	19.7	19.5	16.7	14.3	14.2
沈单 7	叶片	25.5	22.9	20.5	21.5	20.4	20.5	13.9	10.7
	植株	24.9	23.7	17.9	18.8	17.8	17.5	15.7	15.2

平展型品种成熟籽粒中的硫有 53.48% 直接来自于土壤,其余 46.52% 来自于其它器官硫的再分配。紧凑型品种成熟籽粒中的

硫有 69.11% 直接来自于土壤,仅有 30.89% 的硫来自于其它器官的再分配。向籽粒转移硫量最多的器官是茎秆和叶片(表 3)。

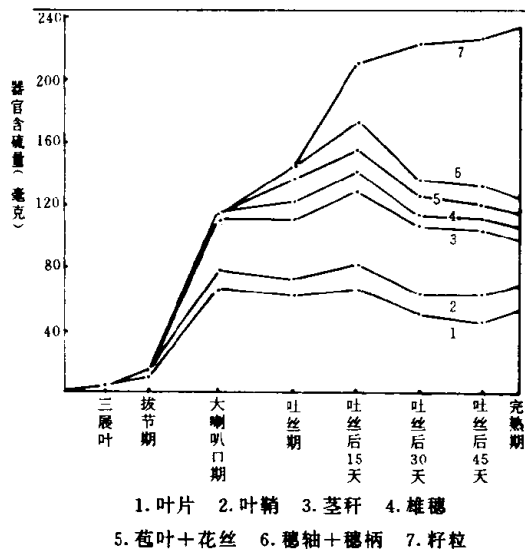


图1 硫在玉米器官间的积累与分配(平展型品种)

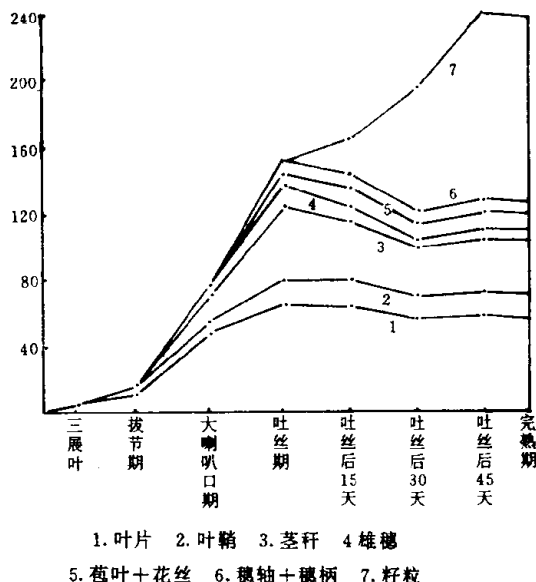


图2 硫在玉米器官间的积累与分配(紧凑型品种)

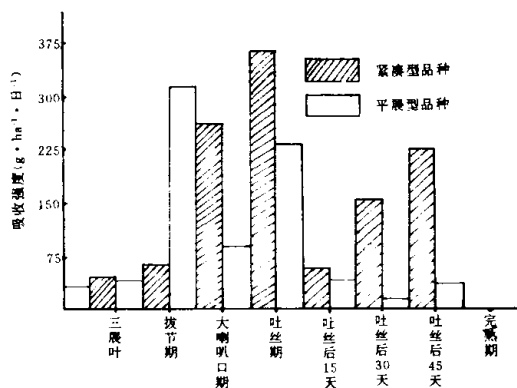


图3 玉米植株不同生育时期吸硫强度

3 讨论

3.1 玉米对硫的吸收及影响因素

玉米对硫的吸收受多种因素的影响。据报道,玉米公顷产量 6270 公斤条件下,公顷吸硫 8.97~11.22 公斤,百公斤籽粒吸硫 0.143~0.179 公斤^[8]。而在种植密度为 11.1 万株/ha、公顷施硫 142.05 公斤条件下,玉米公顷量达 19300.5 公斤,公顷吸硫 40.05 公斤,百公斤籽粒吸硫 0.207 公斤^[2]。本试验中,掖单 13 号在密度为 7.5 万株/ha 条件下,亩产 11700 公斤,公顷吸硫 17.85 公斤。百公斤籽粒吸硫 0.152 公斤;沈单 7 号种植密度为 5.52 万株/ha,公顷产 7875 公斤,公顷吸硫 12.3 公斤,百公斤籽粒吸硫 0.156 公斤。可见,随密度的增大、产量水平的提高及硫肥用量的增加,单位耕地面积上所消耗的硫量也相应提高;而形成百公斤籽粒所需硫量基本稳定在 0.143~0.207 公斤范围内,平均 0.167 公斤。

玉米对硫的吸收有两个高峰期,紧凑型品种的吸收高峰分别在大喇叭口至吐丝期和灌浆盛期,同 Karlen D. I. 等 1988 年的报道基本吻合^[12]。平展型品种的两个吸收高峰则分别在拔节至大喇叭口期和籽粒形成期。品种间吸硫高峰时期的差异可能同植株的生长发育节奏有关。

紧凑型品种成熟籽粒中的硫有 30.9% 来自于其它器官中硫的再分配,而平展型品种的这种再转移比率达到 46.52%。这种差异可能与不同品种在籽粒灌浆期间对硫的吸收能力有关。掖单 13 号开始灌浆后仍需吸收 31% 左右的硫,而沈单 7 号吸收的硫量不足 10%。这种较低的吸收能力需要其它器官转移出更多的硫来满足籽粒在灌浆过程中对硫的需求。

3.2 硫肥施用与诊断

硫是作物生长发育所必需的大量元素之一,在生理代谢方面起着重要作用^[5]。研究表明,随着氮、磷、钾肥施用量的增大,硫对玉米

的增产作用愈加明显^[10]。此外,由于土壤对 SO_4^{2-} 的吸附能力很弱,土壤中的 SO_4^{2-} 容易流失和渗漏^[1],土壤含硫量在短时期内便可明显下降^[2,4]。因此,高产玉米栽培应特别注意硫肥的施用。硫肥一般用作底肥,公顷施纯硫 15~30 公斤即可满足玉米的需要^[3]。Janzen H. H. 等(1984)则指出,肥料中的有效氮与有效硫比例应保持在 7 左右^[11]。由于玉米在吐丝后仍吸收 36%~38% 左右的硫,所以在吐丝期应适量补施硫肥。有关硫肥的施用量、施用时期及不同时期的分配比例等问题还有待今后进一步研究。

有报道指出,禾本科作物植株含硫量低于 0.1% 时便有可能缺硫^[6]。玉米旺盛生长期,植株含硫量在 0.096%~0.103% 时施硫有显著的增产作用^[2]。本试验中,植株含硫量在三展叶时为 0.161%~0.167%,拔节期为 0.144%~0.147%,大喇叭口期 0.115%~0.127%,吐丝期为 0.094%~0.107%;叶片平均含硫量在三展叶时为 0.172%~0.190%,拔节期为 0.157%,大喇叭口期为 0.136%~0.139%,吐丝期为 0.127%~0.130%,可以作为诊断参考指标。

由于玉米植株体内氮、硫代谢之间具有一定的平衡关系^[5],植株或叶片中氮、硫比也可用作缺硫诊断指标。一般认为,禾谷类作物体内的氮、硫比为 14~15:1^[3,6] 高于此值便意味着缺硫。Elwali A. M. O. 等 1985 年通过对所搜集到的 2500 多份测试资料进行分析后认为,在公顷产量高于 10005 公斤条件下,

玉米叶片中氮、硫比为 12:1^[9]。在本试验测定结果中,植株及叶片氮、硫比随生长发育的进行而明显减小(表 4);与 Karlen D. I. 等人的测定结果类似^[12] 因此,用氮、硫比作为诊断指标时应当考虑到不同生育时期的变化。

对于多种作物来讲,土壤有效硫临界值在 6~12mg/kg 范围内,如果低于此值则意味着缺硫 Arora B. R. 等(1977)则认为,土壤有效硫的临界值与浸提液有关。就玉米而言,用 500mg/kgP 的 $\text{K}_2\text{H}_2\text{PO}_4$ 浸提时,临界值为 4mg/kg;用 500mg/kgP 的 $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ 浸提时,临界值为 8mg/kg;用 N_2OAc —HOAc 浸提时,临界值则为 6mg/kg^[7]。

参 考 文 献

- [1] 宁毅等,《环境科学学报》,1988,8(2):179
- [2] 刘崇群等,《土壤学报》,1981,18(2):185
- [3] 刘崇群,《土壤学进展》,1981,4:11
- [4] 刘崇群等,《土壤学报》,1990,27(4):398
- [5] 祁葆滋,《作物学报》,1989,15(1):31
- [6] случкая л. д(陈国安译),土壤农化参考资料,1978,2:31
- [7] Arora, B. R. et al., 1977. Journal of Agricultural Science, 88(1):203
- [8] Beaton, J. D., 1966. Soil Science, 101(4):267
- [9] Elwali, A. M. O. et al., 1985. Agronomy Journal, 77(3):506
- [10] Elwali, A. M. O. et al., 1988. Agronomy Journal, 80(2):243
- [11] Janzen, H. H. et al., 1984. Soil science society of American Journal, 48(1):100
- [12] Karlen, D. I. et al., 1988. Agronomy Journal, 80(2):232