

沟谷地春玉米干物质积累、分配与转移规律的研究

阎翠萍, 张 虎, 王建军, 支虎明, 党建友

(山西省农业科学院小麦研究所 临汾 041000)

Study on Law of Biomass Accumulation, Distribution and Transference of Spring Corn in the Gully Region

YAN Cui-ping, ZHANG Hu, WANG Jian-jun, ZHI Hu-ming, DANG Jian-you

(Wheat Research Institute, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Linfen 041000, China)

Abstract: Experiment on biomass accumulation, distribution and transference of spring corn was carried out in the gully region at Xixian, Shanxi. Results showed that biomass accumulation of spring corn plants accords with the S-shaped curve as the plant grows and develops. Biomass distribution among all of the organs changes as the growth center transfers. Biomass mainly transfers to the leaves before the ear bearing stage, and to the stems and leaves afterwards. The biomass of all of the other organs begins to transfer to the grains after flowering stage and the ears become the center to which the photosynthetic products mainly transfer. As for crop cultivation practices, the proportion of the total biomass distributed to the grains should be limited under 20%.

Key words: Spring corn; Biomass accumulation; Biomass distribution; Gully region.

[摘 要] 1996~1998年在山西省隰县黄土高原残垣沟壑区进行了沟谷地春玉米干物质积累、分配与转移规律的研究。结果表明:春玉米植株个体干物质积累与生育进程间的关系呈S形曲线变化。春玉米干物质在各器官的分配随生长中心的转移而发生变化,小喇叭口以前干物质主要分配在叶片中,之后转为茎、叶;散粉后,各器官干物质开始向子粒转移,果穗成为光合产物的分配中心。在栽培上,应使各器官向子粒转移的干物质总量控制在20%以下。

[关键词] 春玉米;干物质积累;干物质分配;沟谷地

[中图分类号] S 513.012

[文献标识码] A

玉米干物质的积累是玉米生物产量形成的基础,其干物质的分配直接决定着玉米经济产量高低。国内外已对多种生态条件下玉米干物质积累与分配规律进行了研究。但黄土高原残垣沟壑区沟谷地生态条件下,春玉米干物质积累与分配规律无人进行过系统研究。春玉米是隰县试区主要的粮食作物,其产量高低直接影响着当地农业生产的发展,因此研究沟谷地春玉米干物质积累、分配与转移规律,为高产栽培提供理论依据,具有重要的理论意义和实践价值。

1 材料与方法

1.1 材料与处理

供试品种为晋单 36,密度 60 000 株/hm²,5 月 8 日出苗。试验内容见表 1,共 8 个处理。磷钾肥和 30%的氮肥于播前一次深施,拔节期和大喇叭口期分别追施总氮量的 30%和 40%,采取随机区组设计,3 次重复,小区面积 33.3 m²,供试土壤为沟淤褐土,于大喇叭口期补灌一次(450 m³/hm²)水。

表 1 试验处理

表 1 试验处理							kg/hm ²	
处理编号 1(CK)	2	3	4	5	6	7	8	
N	0	300	0	0	300	300	0	300
P ₂ O ₅	0	0	225	0	225	0	225	225
K ₂ O	0	0	0	150	0	150	150	150

[收稿日期] 2001-08-12

[作者简介] 阎翠萍(1962-),女,山西省农业科学院小麦研究所助理,从事作物栽培和科研管理研究。

1.2 取样时期及样品处理方法

在玉米生育期间,分别在苗期、生理拔节期、小喇叭口期、大喇叭口期、散粉期、灌浆期、乳熟末期、完熟期取样 8 次,取样时间统一在上午 10 时。

每次每小区取样 5 株,将植株按叶片、叶鞘、茎秆、雄穗、苞叶、穗轴、子粒分别处理,先称鲜重,定量留取小样,将所取样品在 105℃ 条件下烘 30 min(杀青),然后在 80℃ 条件下烘干至恒重、称重,并粉碎,供分析测定。

2 结果与分析

2.1 春玉米植株个体干物质积累动态

沟谷地春玉米在不同施肥处理下植株个体干物质积累表现出相似的规律性变化。植株个体干重与时间的关系表现为不明显的 S 型曲线,个体干物质积累速度与时间的关系表现为单峰曲线(图 1)。据干物质增长曲线可将植株的生长过程大体分为指数增长期、直线增长期和缓慢增长期 3 个阶段(表 2)。

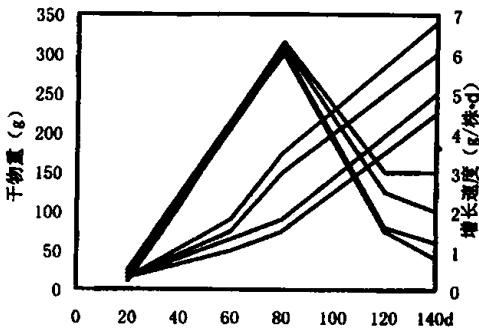


图 1 玉米植株干物质增长曲线

指数增长期(出苗至拔节)历时 35 d,其主要增重器官是叶片。此期叶面积小,干物质积累少,仅占植株个体总干物质的 2.26% ~ 3.14%,平均日增重 0.19 ~ 0.22 g/株。其特点是植株干物质增加量与时间呈指数关系。拔节期为指数增长末期,雄穗原基即将伸长,由营养生长转向营养生长和生殖生长并进期。所以此期末在栽培上正是第 1 次肥水管理的重要时期。

直线增长期(拔节至吐丝)约占整个生育期的 1/3 左右。此期进入营养生长和生殖生长并进期,其特点是干物质增加量与时间成正比,积累速度快,此期干物质积累量占植株个体总干物质重的 42.17% ~ 46.86%,平均日增重 2.36 ~ 3.45 g/株。这一阶段叶面积增长快,同化产物多,是干物质积累的高峰期(峰值出现在散粉期),对水肥条件的要求

也很高,是水肥管理的关键时期。

缓慢增长期(吐丝至成熟)这一阶段主要增重器官是子粒和穗轴,平均日增重为 1.83 ~ 3.20 g/株,干物质积累速度逐渐下降,但此期干物质积累量高于直线增长期,占植株个体干物质重的 50.00% ~ 55.57%,故维持这一阶段较大的绿叶面积,延缓叶片衰老,对提高产量十分重要。

表 2 春玉米植株个体干物质积累在各个生育阶段的变化

	生育阶段与出苗后天数		
	出苗至拔节(指数增长期) 35d	拔节至吐丝(直线增长期) 36至78d	吐丝至完熟(缓慢增长期) 79~137d
CK 干物重(g/株)	6.800	101.40	108.20
积累速率(g/株·d)	0.194	2.36	1.83
积累百分率(%)	3.140	46.86	50.00
N 干物重(g/株)	7.100	127.90	158.10
积累速率(g/株·d)	0.203	2.97	2.68
积累百分率(%)	2.420	43.65	53.93
P 干物重(g/株)	7.160	106.40	119.20
积累速率(g/株·d)	0.205	2.48	2.02
积累百分率(%)	3.080	45.72	51.20
K 干物重(g/株)	6.900	103.90	114.60
积累速率(g/株·d)	0.197	2.42	1.94
积累百分率(%)	3.060	46.10	50.84
NP 干物重(g/株)	7.530	134.07	172.40
积累速率(g/株·d)	0.215	3.12	2.92
积累百分率(%)	2.400	42.70	54.90
NK 干物重(g/株)	7.220	129.38	159.10
积累速率(g/株·d)	0.206	3.01	2.70
积累百分率(%)	2.440	43.75	53.81
PK 干物重(g/株)	7.420	110.78	127.10
积累速率(g/株·d)	0.212	2.58	2.15
积累百分率(%)	3.030	45.16	51.81
NPK 干物重(g/株)	7.800	145.40	191.60
积累速率(g/株·d)	0.223	3.45	3.20
积累百分率(%)	2.260	42.17	55.57

综上所述,春玉米在不同施肥条件下,植株个体干物质积累均呈 S 形曲线变化。所不同的是:不同施肥处理,植株个体干物质平均日增重在指数增长期大小顺序为: NPK > NP > PK > NK > P > N > K > CK。直线增长期和缓慢增长期大小顺序为: NPK > NP > NK > N > PK > P > K > CK。这说明 NPK 配合施用能促进植株个体代谢活动,干物质合成速度加快,导致个体干物质日增重在各个阶段都明显高于其它施肥处理。

2.2 春玉米植株各器官干物质积累动态

春玉米除子粒外各器官干物质积累均呈单峰曲线变化(图 2)。但各器官干物质积累的峰值出现的时期因器官不同而异,叶片与雄穗出现在散粉期,叶鞘与苞轴在灌浆期,茎秆在乳熟末期,峰值过后干物

质重均呈下降趋势。但子粒的干物质积累一直递增至成熟(图2)。

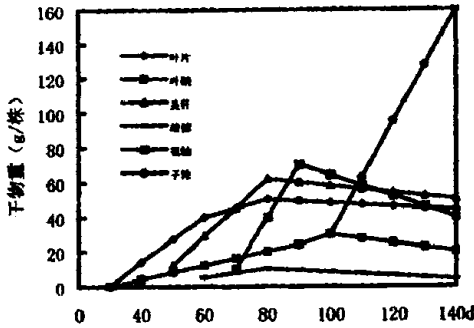


图2 不同生育期各器官干物重的变化

表3 春玉米在不同施肥处理下各器官干物重变化

										g/株										
处 理		苗期 (6·2)	拔节 (6·13)	小喇叭 (6·29)	大喇叭 (7·10)	散粉 (7·15)	灌浆 (8·20)	乳熟 (9·12)	完熟 (9·25)	处 理		苗期 (6·2)	拔节 (6·13)	小喇叭 (6·29)	大喇叭 (7·10)	散粉 (7·15)	灌浆 (8·20)	乳熟 (9·12)	完熟 (9·25)	
叶片	CK	1.10	5.50	23.1	31.6	34.9	29.4	26.7	24.3	苞轴	NP					2.0	7.3	4.5	3.4	3.1
	N	1.20	5.60	24.2	34.2	43.7	42.0	35.6	34.3		NK					1.4	7.2	4.3	3.4	3.0
	P	1.21	5.65	23.4	32.5	36.1	30.7	28.6	25.7		PK					1.0	7.0	4.0	3.2	2.5
	K	1.10	5.50	23.3	32.0	35.5	29.8	27.4	25.0		NPK					2.1	7.6	4.9	3.4	3.2
	NP	1.26	6.00	26.6	35.8	47.1	45.2	40.4	38.3		CK					7.0	42.0	40.2	32.5	
	NK	1.23	5.70	25.8	34.7	44.2	43.7	36.0	34.8		N					9.9	52.8	51.4	44.2	
	PK	1.24	5.90	23.6	32.7	37.4	31.3	29.8	27.4		P					8.4	44.0	42.3	35.8	
	NPK	1.32	6.20	27.8	40.1	51.3	50.4	44.5	43.0		K					7.0	42.0	40.2	32.5	
叶鞘	CK	0.27	1.30	6.6	11.0	17.4	20.3	17.1	14.2	子粒	NP					10.4	56.0	45.5	48.2	
	N	0.30	1.50	8.0	13.2	21.8	25.1	21.3	19.0		NK					10.1	53.2	52.6	45.0	
	P	1.32	1.51	7.0	11.9	18.2	21.4	17.6	15.0		PK					9.0	46.2	44.0	37.6	
	K	0.28	1.40	6.7	11.3	18.0	20.6	17.2	14.2		NPK					11.4	62.8	59.4	53.0	
	NP	0.34	1.53	9.0	14.6	22.4	26.4	22.2	19.5		CK					15.3	64.6	97.6		
	NK	0.33	1.52	8.3	13.8	22.0	25.5	21.6	19.2		N					25.8	109.1	134.5		
	PK	0.34	1.52	7.2	12.1	18.7	21.6	17.8	15.3		P					16.7	70.2	105.7		
	NPK	0.30	1.60	9.2	16.1	24.5	30.1	25.4	22.4		K					16.2	68.2	101.9		
茎秆	CK			5.8	17.8	42.7	46.1	47.0	45.5	全株	NP					26.1	112.0	145.7		
	N			7.2	22.8	52.4	57.9	59.5	58.1		NK					25.4	109.2	136.6		
	P			5.0	18.1	44.1	48.3	49.4	48.1		PK					20.9	88.4	111.6		
	K			5.8	18.0	43.2	47.6	48.4	47.0		NPK					28.2	119.5	161.0		
	NP			8.0	23.5	54.4	58.8	60.6	59.2		CK	1.37	6.80	35.5	60.8	108.2	156.6	198.4	216.4	
	NK			7.0	22.3	53.1	58.2	59.8	58.3		N	1.50	7.10	39.4	71.4	135.0	207.8	280.3	293.0	
	PK			6.1	19.4	46.1	51.5	52.3	50.9		P	1.53	7.16	35.4	63.3	113.6	165.0	211.2	232.8	
	NPK			8.2	33.7	58.4	62.4	63.6	62.2		K	1.38	6.90	35.8	61.9	110.4	160.0	204.4	223.0	
雄穗	CK				0.4	6.2	3.5	2.8	2.3	NP	1.60	7.53	43.6	75.9	141.6	217.0	293.1	314.0		
	N				1.2	7.2	4.2	3.4	2.9		NK	1.56	7.22	41.1	72.2	136.6	210.3	282.6	296.9	
	P				0.8	6.8	3.9	3.1	2.5		PK	1.58	7.42	36.9	65.2	118.2	175.5	235.5	245.3	
	K				0.6	6.7	3.8	3.0	2.4		NPK	1.62	7.80	45.2	92.0	153.2	238.8	315.8	344.8	

2.3 春玉米干物质在各器官中的分配

不同施肥处理,干物质在各器官中的分配是随生长中心的转移而发生变化的(表4),在小喇叭口前干物质主要分配在叶片,此期叶片干重占全株干重的80%左右。小喇叭口至散粉期,叶片、茎秆是光合产物的主要分配器官,也是玉米植株的生长中心;在散粉期之后,植株生长中心开始转向果穗,生殖器官是光合产物的主要分配中心,到完熟期子粒重占全株干重的45.1%~46.69%。

从表4可以看出,NPK处理既可提高经济产量,又可提高干物质在子粒中的分配比例(经济系数)。

不同施肥处理,春玉米各器官干物重变化总趋势是一致的(表3)。但各生育时期不同器官的干物重受施肥处理的影响,在生理拔节期以前,各器官及全株干物质重由大到小顺序是NPK>NP>PK>NK>P>N>K>CK,之后是NPK>NP>NK>N>PK>P>K>CK。结果表明:不施肥,大量单施氮肥或磷肥或任缺一种养分,由于土壤养分缺乏或失调,各器官干物质积累均低于NPK处理;NPK处理由于增加和协调了土壤中的养分平衡,促进了玉米的生长发育,使各器官干物质增加。拔节前P肥对玉米生长发育具有明显的促进作用;拔节之后,NK肥对各器官的发育具有显著的促进作用。

不施肥处理下,春玉米的经济系数大小顺序为NPK>NP>NK>N>PK>P>K>CK。

春玉米不同施肥处理下各器官干物质积累、分配的差异最终表现在产量差异上(表5)。

由春玉米在不同施肥处理下的产量结果(表5)可见:不同施肥处理下的产量顺序为:NPK>NP>NK>N>PK>P>K>CK,NPK处理较NP、NK分别增产10.54%和17.87%,达极显著水平,较CK增产达64.91%。说明在隰县试区沟谷地生态条件下,N、P、K肥配合施用具有显著的增产作用。

表 4 春玉米植株个体干物质在各器官中的分配

%

处 理		苗期 (6·2)	拔节 (6·13)	小喇叭 (6·29)	大喇叭 (7·10)	散粉 (7·15)	灌浆 (8·20)	乳熟 (9·12)	完熟 (9·25)	处 理		苗期 (6·2)	拔节 (6·13)	小喇叭 (6·29)	大喇叭 (7·10)	散粉 (7·15)	灌浆 (8·20)	乳熟 (9·12)	完熟 (9·25)
叶片	CK	80.29	80.88	65.07	51.97	32.26	18.80	13.46	11.23	雄穗	CK				0.66	5.73	2.23	1.41	1.06
	N	80.00	78.87	61.42	47.90	32.38	20.23	12.70	11.70		N				1.68	5.33	2.02	1.21	0.99
	P	79.08	78.91	64.29	51.34	31.78	18.61	13.54	11.04		P				1.27	5.99	2.36	1.47	1.07
	K	79.71	79.71	65.08	51.70	32.03	18.49	13.32	11.09		K				0.96	6.05	2.36	1.46	1.06
	NP	78.75	79.68	61.01	47.17	33.26	20.68	13.78	12.20		NP				2.64	5.16	2.06	1.16	0.99
	NK	79.35	78.95	62.77	48.06	32.36	20.74	12.75	11.77		NK				1.94	5.27	2.04	1.20	1.01
	PK	78.48	79.51	63.96	50.15	31.65	17.84	12.65	11.16		PK				1.54	5.92	2.28	1.36	1.02
	NPK	81.48	79.49	61.50	43.59	33.49	21.11	14.09	12.46		NPK				2.28	4.96	2.05	1.08	0.93
叶鞘	CK	19.71	19.12	18.59	18.09	16.08	12.96	8.62	6.56	苞轴	CK					6.74	26.82	20.26	15.02
	N	20.00	21.13	20.30	18.49	16.15	12.09	7.60	6.48		N					7.33	25.43	18.33	15.09
	P	20.92	21.09	19.23	18.80	16.02	12.97	8.33	6.44		P					7.39	26.67	20.03	15.38
	K	20.29	20.29	18.72	18.26	16.25	12.79	8.37	6.30		K					6.68	26.75	20.14	15.48
	NP	20.25	20.32	20.64	19.23	15.82	12.08	7.57	6.21		NP					7.34	25.62	18.59	15.35
	NK	21.65	21.05	20.19	19.11	16.11	12.10	7.64	6.49		NK					7.39	25.25	18.61	15.22
	PK	21.52	20.49	19.51	18.56	15.82	12.31	7.56	6.24		PK					7.61	26.32	18.68	15.33
	NPK	18.52	20.51	20.36	17.50	15.99	12.60	8.04	6.50		NPK					7.44	26.30	18.81	15.37
茎秆	CK			16.34	29.28	39.46	29.44	23.69	21.03	子粒	CK						9.77	32.56	45.10
	N			18.28	31.93	38.81	27.89	21.26	19.83		N						12.40	38.91	45.90
	P			16.48	28.59	38.82	29.27	23.39	20.66		P						10.12	33.24	45.41
	K			16.20	29.08	38.99	29.55	23.54	20.85		K						10.06	33.17	45.22
	NP			18.35	30.96	38.42	26.90	20.68	18.85		NP						11.94	38.21	46.40
	NK			17.04	30.89	38.87	27.62	21.16	19.72		NK						12.05	38.64	46.20
	PK			16.53	29.75	39.00	29.34	22.21	20.75		PK						11.91	37.54	45.50
	NPK			18.14	36.63	38.12	26.13	20.14	18.04		NPK						11.81	37.84	46.69

表 5 不同处理玉米产量结果

处 理	产 量 (kg/hm ²)	显著水平 (1%)
NPK	9 657.0	A
NP	8 743.5	B
NK	8 193.0	BC
N	8 067.0	C
PK	6 693.0	D
P	6 342.0	DF
K	6 114.0	DF
CK	5 856.0	F

2.4 春玉米干物质在各器官中的转移

表 6 春玉米植株个体干物质在各器官中的转移状况

处 理	转移时期	转移速率 (g/hm ² ·d)	转移率 (%)	转移量占子粒干 物质百分数(%)	处 理	转移时期	转移速率 (g/hm ² ·d)	转移率 (%)	转移量占子粒干 物质百分数(%)
叶片	CK	2.700	30.37	10.86	雄穗	CK	0.990	62.90	4.00
	N	2.385	21.51	6.99		N	1.095	59.72	3.20
	P	2.640	28.81	9.84		P	1.095	63.24	4.07
	K	2.670	29.58	10.30		K	1.095	64.18	4.22
	NP	2.235	18.68	6.04		NP	1.065	57.53	2.88
	NK	2.385	21.27	6.88		NK	1.065	58.33	3.07
	PK	2.535	26.74	8.96		PK	1.140	64.29	4.03
	NPK	2.085	15.98	5.09		NPK	1.125	57.89	2.73
叶鞘	CK	2.685	30.05	6.25	苞轴	CK	4.185	22.62	9.73
	N	2.685	24.30	4.54		N	3.795	16.29	6.39
	P	2.820	29.91	6.05		P	3.615	18.64	7.76
	K	2.820	31.07	6.28		K	3.615	19.03	8.05
	NP	3.045	26.14	4.71		NP	3.435	13.93	5.35
	NK	2.775	24.71	4.61		NK	3.795	16.17	6.30
	PK	2.775	29.17	5.65		PK	3.795	18.61	7.71
	NPK	3.525	26.32	4.97		NPK	4.320	15.61	6.08
茎秆	CK	1.875	3.19	1.54	总和	CK			32.38
	N	1.875	2.52	1.12		N			22.24
	P	1.620	2.63	1.23		P			28.95
	K	1.755	2.89	1.37		K			30.22
	NP	1.755	2.31	0.96		NP			19.94
	NK	1.875	2.51	1.10		NK			21.96
	PK	1.755	2.68	1.25		PK			27.60
	NPK	1.755	2.20	0.87		NPK			19.74

不同施肥处理各器官干物质向子粒转移结果表明(表 6):在玉米一生中,叶片所形成的光合产物,在散粉期以前主要用于营养器官的建成,散粉后,则供给子粒建成;叶鞘、茎秆和苞轴的光合产物分别在灌浆、乳熟末和灌浆期以后开始向外转移,说明它们具有“源”和“库”双重作用;各器官干物质转移量占子粒完熟期干物质总量百分数为 19.74% ~ 32.38%,可见在生育后期各器官干物质的转移对子粒产量的形成是很重要的。

由表6可看出:不同施肥处理对植株各器官干物质向子粒转移的影响趋势为:CK > K > P > PK > N > NK > NP > NPK。不施肥处理叶片、叶鞘、茎秆、苞轴等器官,干物质转移速率、转移量、转移量占子粒干物质百分数最高,而NPK处理,各器官干物质转移速率、转移量、转移量占子粒干物质百分数最低。说明不施肥由于后期土壤养分缺乏,各器官干物质向子粒的转移量过大,加速了各器官特别是叶片的早衰,而影响干物质生产;氮、磷、钾配合施用使土壤养分充足,延迟了各器官的衰老,延长了叶片的光合时间,提高了玉米的产量。

3 小 结

3.1 氮磷钾配合施肥可显著提高经济产量

沟谷地春玉米不同施肥处理的产量结果表明:不施肥土壤养分缺乏。施肥单一,则植株营养代谢失调,叶片早衰,限制了产量的提高;氮、磷、钾配合施用,增加和协调了土壤养分平衡,促进了玉米的生长发育,显著提高了经济产量。故在隰县试区沟谷地生态条件下,春玉米需氮、磷、钾配合施用。

3.2 穗分化期追肥可增加干物质积累

沟谷地春玉米叶片、叶鞘、茎秆、雄穗和苞轴各器官干物质积累呈单峰曲线变化,子粒干物质积累一直递增至完熟。植株个体干物质积累呈S形曲线

变化。不同施肥处理干物质积累速度的最大时期均为散粉期,但峰值高低与施肥关系极大。可见穗期是春玉米施肥的关键时期。

3.3 小喇叭口至散粉后干物质分配由叶片转向茎秆

干物质在各器官中的分配随生育中心的转移而变化,小喇叭口之前主要分配在叶片,小喇叭口至散粉期主要分配在叶片、茎秆中,散粉后则转向果穗。故沟谷地春玉米,前期促根、叶生长,中期壮秆、扩叶,后期保叶防早衰,是提高单产的关键。

3.4 提高叶片后期光合效率是增加子粒产量的关键

不同施肥处理各器官干物质向子粒转移结果表明:玉米子粒干物质一部分来源于叶片、叶鞘、茎秆、苞叶及穗轴前期贮存养分的转移,占子粒重的19.74%~32.38%;大部分是后期叶片光合作用的产物,这部分占完熟期子粒重的67.62%~80.26%,是子粒干物质的主要来源。说明前期促叶壮秆扩大源的供应能力固然重要,但后期防早衰,保证充足的绿叶面积对子粒产量的提高作用更大。各器官最合理的干物质的转移总量应占子粒产量20%以下,否则,会因叶片早衰或氮、磷、钾营养不协调,影响后期光合产物的形成,导致“源”过多的向子粒“库”转移光合产物,进而明显影响产量的提高。