

密度对全膜双垄沟播不同品种玉米干物质积累及分配的影响

张永祥¹, 杨祁峰², 牛俊义³, 张雷⁴, 牛芬菊⁴, 李德仁⁴

(1. 甘肃省农业技术推广总站, 甘肃 兰州 730020; 2. 甘肃省农牧厅, 甘肃 兰州 730030;

3. 甘肃农业大学, 甘肃 兰州 730070; 4. 榆中县农业技术推广中心, 甘肃 榆中 730010)

摘 要: 在全膜双垄沟播条件下, 研究了不同密度处理2种不同品种玉米富农1号和武科2号干物质积累与分配规律。结果表明: 玉米单株干物质积累和群体干物质积累均呈 Logistic 生长曲线; 各生育时期单株干物质积累量随密度增加而减小, 群体干物质积累随密度的增加而增加; 密度对单株干物质积累的影响主要体现在大喇叭口期以后; 密度对干物质分配的影响主要体现在灌浆期以后; 茎、叶干物质转移率对密度的反应不敏感, 而转移率随密度的增加而上升。

关键词: 玉米; 密度; 干物质积累; 干物质分配; 干物质转移

中图分类号: S342.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2010)05-0026-06

玉米是我国重要的粮食、饲料、经济兼用作物, 是食品工业的重要原料, 也是医药业和轻工业不可替代的重要原料, 在国民经济和生活中的地位日益重要。随着我国市场经济的快速发展, 玉米生产已由单纯粮食生产转变为多向的经济型生产, 发展高产优质玉米生产已成为科研和生产的重点^[1]。

有研究表明, 在一定的密度范围内, 干物质的积累量与玉米产量呈密切正相关。所以, 提高干物质积累是提高玉米单产的有效途径。而在大田环境中, 干物质积累又是个体和群体在矛盾竞争中发展的结果。在生产上追求的是群体的高产, 而不是个体的高产。群体是由个体组成的, 但不等于个体的简单积加。个体构成群体的同时, 也形成了一定的群体内环境, 群体内环境反过来会影响个体的生长发育。不同的群体由于其群体内环境不同, 因而会造成个体的生长发育及株型结构等一系列的差异。大量研究表明, 种植密度对单位面积产量有重要影响^[2~4], 密度过大和过小都不会获得高产, 因此在一定的条件下作物存在着获得最高产量的最佳密度范围。种植密度也对群体的结构、群体内光热水气的分布等有直接影响^[5], 因此不仅要研究密度对干物质积累量的影响, 而且有必要系统的研究光合产物在玉米植株体内各器官的积累与分配, 从而采取有效措施使光合产物更多的向籽粒转移。全膜双垄沟播技术^[6]被视为旱作农业的希望, 近年来在甘肃掀

起了一场旱作农业的新革命。本实验在该技术条件下, 研究不同品种的玉米干物质积累及分配对密度的反应, 旨在为农业生产提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验区位于榆中县连搭乡石头沟村, 地处县城西郊, 国道312线旁, 区内海拔1 973~2 001 m, 年平均气温7.4℃, 年日照时数为1 626~2 666 h, $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 的活动积温2 982℃~3 294℃, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的有效积温2 898℃~3 132℃。无霜期135 d, 年降雨量350 mm, 蒸发量1 400 mm。

1.2 试验设计

以生育期一致的大穗型品种富农1号和耐密型品种武科2号为试验材料。大穗型设4.50、5.25、6.00、6.75、7.50万株/hm² 5个密度处理, 耐密型设5.25、6.00、6.75、7.50、8.25万株/hm² 5个密度处理。采用裂区实验设计, 以品种为主区, 密度为副区, 4次重复, 小区面积44 m²。每小区种4垄, 行距以全膜双垄沟播技术的要求为准, 即整地交替起大小垄, 小垄宽40 cm, 大垄宽70 cm, 垄沟播种。株距依密度而定。4月15日播种, 10月10日收获, 常规管理。

1.3 采样及处理

在玉米整个生育期间按生育时期在固定的3次

收稿日期: 2010-02-05

基金项目: 甘肃省地膜高效利用技术与示范(甘农财 2007-13)

作者简介: 张永祥(1983—), 男, 甘肃榆中人, 硕士, 从事作物栽培与生态生理研究。E-mail: zhangyongxiang1983@163.com。

通讯作者: 杨祁峰(1959—), 男, 甘肃武威人, 研究员, 从事作物栽培与耕作研究。E-mail: yangqf@vip.163.com。

重复中每小区随机取 3 株,将各器官按茎,叶,鞘,雄穗,苞叶,籽粒,穗轴分开,烘箱中 105℃ 条件下杀青 30 min,85℃ 烘干至恒重后称重。

2 结果与分析

2.1 不同品种玉米单株干物质积累动态

由图 1 和图 2 可看出,不同品种各处理单株干物质积累大致都符合 Logistic 生长曲线,即慢—快—慢的变化动态。在大喇叭口期以前,处于慢速增长阶段,干物质积累比较缓慢,大喇叭口期以后到灌浆期为快速增长阶段,此阶段干物质积累很快,植株生长旺盛,该阶段也是玉米一生干物质积累速度最快,积累量最大的时期。随着灌浆期的推进,玉米植株逐渐衰老和环境条件的改变,单株干物质积累逐渐缓慢。

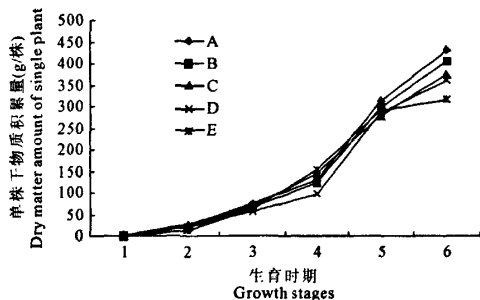


图 1 富农 1 号单株干物质积累动态

Fig.1 The dynamics of dry matter accumulation of single plant in Funong 1

A:4.5 万株/hm² B:5.25 万株/hm² C:6 万株/hm²
D:6.75 万株/hm² E:7.5 万株/hm² F:8.25 万株/hm²

1:苗期 Seedin stage 2:拔节期 Elongating stage

3:大喇叭口期 Huge bell bottom stage

4:抽雄吐丝期 Heading and silking stage

5:灌浆期 Filling stage 6:成熟期 Maturing stage

下同 The same below.

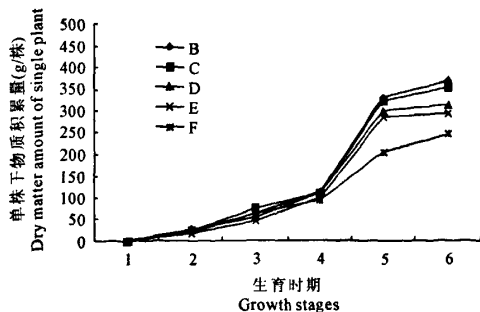


图 2 武科 2 号单株干物质积累动态

Fig.2 The dynamics of dry matter accumulation of single plant in Wuke 2

从图 1 和图 2 中曲线的重叠程度来看,在大喇叭口期以前随种植密度的增加,各生育时期单株干物质积累量并没有呈现出规律性的变化,甚至曲线有部分交叉现象,这表明大喇叭口期以前植株较小,群体的增大不会引起个体之间对环境因子的明显竞争,而小区之间地力条件的不平衡导致了这种不规律的交叉现象。从大喇叭口期以后,随着密度增加,单株干物质积累量明显下降。这是由于大喇叭口期以后,随着密度的增加和植株的增大,对环境因子的激烈竞争使个体获得较少的水分、养分和光照,限制了个体的生长,从而表现出随密度的增加单株干物质积累量呈规律性的下降趋势。

2.2 不同品种玉米单位面积群体干物质积累动态

由图 3,图 4 可以看出,不同品种群体干物质与单株干物质积累动态基本一致。但各生育时期群体干物质积累量随密度增加成上升趋势。这与单株干物质积累变化趋势相反。

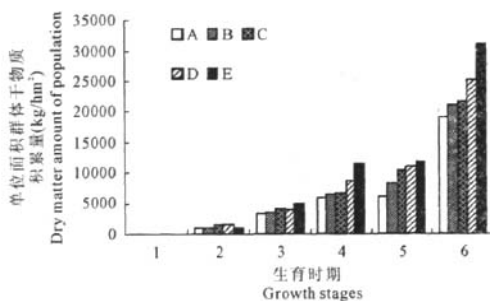


图 3 富农 1 号群体干物质积累动态

Fig.3 The dynamics of dry matter accumulation of population in Funong 1

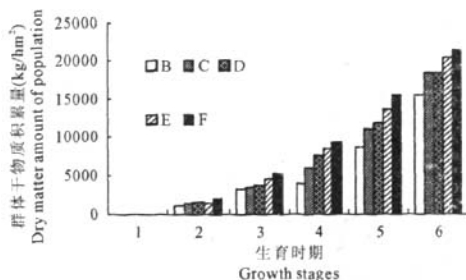


图 4 武科 2 号群体干物质积累动态

Fig.4 The dynamics of dry matter accumulation of population in Wuke 2

大田环境中,作物的生长是群体与个体之间互补与竞争的过程。在本试验密度范围内,随密度的增加,个体干物质积累下降的速度并不能完全抵消由于个体数量的增加而引起的群体干物质积累增加

速度。即对群体干物质积累速度来讲,个体数量增加的影响效应大于单株干物质积累速度降低的影响效应。

2.3 不同品种玉米干物质在各器官中的积累与分配

不同品种各处理下,植株干物质在各器官中的分配随生长中心的转移而变化(见表 1,表 2)。大喇叭口期以前,干物质的分配器官以叶片为主,此时叶片的干重占植株总重的 50% 以上,说明此阶段玉米

以营养生长为主,营养器官的建成是全株的生长中心。大喇叭口期到抽雄吐丝期,从各器官干物质分配不难看出,此时为玉米营养生长和生殖生长并进阶段,但营养生长仍比较旺盛,茎秆干物质质量占全株很大比重。同时,随着生育时期推进,生长中心也由营养生长向生殖生长过渡,干物质向生殖器官开始分配,尤其是雄穗。灌浆期到成熟期,籽粒和苞叶干物质质量上升,尤其籽粒干物质质量增加很快,雌穗是整个植株的生长中心,此时也是玉米产量形成时期。

表 1 富农 1 号植株干物质在各器官中的分配(g)
Table 1 Dry matter distribution of different organs in Funong 1

密度 Density (万株/hm ²)	器官 Organ	生育时期 Growth stages					
		苗期 Seeding stage	拔节期 Elongating stage	大喇叭口期 Huge bell bottom stag	抽雄吐丝期 Heading and silking stage	灌浆期 Filling stage	成熟期 Maturing stage
4.5	叶片 Leaf	0.68	15.965	41.72	54.81	40.01	36.47
	茎秆 Stem		2.23	19.32	43.92	38.71	26.28
	叶鞘 Sheath			13.06	26.53	26.51	16.48
	雄穗 Male head				5.06	3.91	2.17
	苞叶 Husk				15.25	22.88	40.06
	籽粒 Grains					52.71	259.61
5.25	叶片 Leaf	0.63	14.43	39.35	52.99	49.19	40.12
	茎秆 Stem		1.723	14.07	59.39	42.54	35.11
	叶鞘 Sheath			13.25	28.31	24.39	24.01
	雄穗 Male head				5.97	4.51	3.51
	苞叶 Husk				14.57	20.77	37.14
	籽粒 Grains					32.97	210.65
6	叶片 Leaf	0.71	18.09	42.21	48.33	43.02	35.92
	茎秆 Stem		2.91	14.18	46.65	43.95	26.86
	叶鞘 Sheath			12.64	25.01	24.12	15.57
	雄穗 Male head				6.29	3.43	2.94
	苞叶 Husk				13.01	19.21	32.25
	籽粒 Grains					28.08	182.12
6.75	叶片 Leaf	0.60	15.88	37.38	56.63	40.71	39.32
	茎秆 Stem		1.67	8.84	46.28	27.41	26.05
	叶鞘 Sheath			9.41	28.09	21.38	17.91
	雄穗 Male head				3.71	4.17	3.18
	苞叶 Husk				11.43	17.19	30.01
	籽粒 Grains					20.71	160.31
7.5	叶片 Leaf	0.73	9.6068	40.85	56.18	46.11	39.77
	茎秆 Stem		0.7507	12.33	25.13	52.21	40.43
	叶鞘 Sheath			10.71	20.45	28.44	21.38
	雄穗 Male head				4.91	3.72	2.01
	苞叶 Husk				5.70	14.15	28.66
	籽粒 Grains					14.53	145.94

表 2 武科 2 号植株干物质在各器官中的分配(g)
Table 2 Dry matter distribution of different organs in Wuke2

密度 Density (万株/hm ²)	器官 Organ	生育时期 Growth stages					
		苗期 Seeding stage	拔节期 Elongating stage	大喇叭口期 Huge bell bottom stag	抽雄吐丝期 Heading and silking stage	灌浆期 Filling stage	成熟期 Maturing stage
5.25	叶片 Leaf	0.71	13.95	29.41	38.87	35.15	31.93
	茎秆 Stem		1.73	11.52	58.41	29.14	18.61
	叶鞘 Sheath			4.91	13.13	22.65	21.65
	雄穗 Male head				4.07	3.24	2.26
	苞叶 Husk				19.17	22.36	28.91
	籽粒 Grains					90.64	180.40
6	叶片 Leaf	0.77	15.71	41.28	36.20	35.10	20.91
	茎秆 Stem		2.26	20.57	27.44	25.01	20.38
	叶鞘 Sheath			5.22	12.81	20.99	17.64
	雄穗 Male head				5.08	3.59	2.51
	苞叶 Husk				14.13	22.35	23.19
	籽粒 Grains					88.76	172.90
6.75	叶片 Leaf	0.81	17.42	31.79	36.12	35.87	29.61
	茎秆 Stem		1.32	8.84	30.39	29.31	19.76
	叶鞘 Sheath			5.33	12.96	19.51	14.69
	雄穗 Male head				3.51	3.01	2.99
	苞叶 Husk				7.74	20.47	14.23
	籽粒 Grains					65.62	165.80
7.5	叶片 Leaf	0.79	12.39	26.87	35.99	33.57	23.90
	茎秆 Stem		1.32	8.84	30.39	29.31	19.76
	叶鞘 Sheath			3.82	10.84	20.37	18.18
	雄穗 Male head				4.25	3.24	1.75
	苞叶 Husk				3.26	12.81	12.15
	籽粒 Grains					55.95	151.70
8.25	叶片 Leaf	0.69	16.55	35.34	37.61	29.66	25.38
	茎秆 Stem		2.64	14.61	36.19	31.68	17.28
	叶鞘 Sheath			4.93	10.17	15.17	13.18
	雄穗 Male head				5.73	5.07	3.88
	苞叶 Husk				1.32	5.64	11.08
	籽粒 Grains					24.54	126.70

表 1、表 2 还可看出,在玉米整个生育期,茎、叶、鞘等营养器官干物质积累没有因密度的增加而发生明显的规律性变化,而籽粒干物质积累从灌浆期到成熟期两个品种随密度的增加均表现出规律性的下降趋势。

2.4 不同品种玉米各器官中干物质转移率(MR)和转换率(TR)

转移率(MR)表示器官中干物质转移出去的量,转换率(TR)表示转移出去的干物质用于合成籽粒的量,即对籽粒的贡献率。MR 和 TR 的计算采用高庆荣等^[7]的方法,MR = (器官最大重 - 最后器官

重)/器官最大重 × 100%,TR = (器官最大重 - 最后器官重)/籽粒重 × 100%。

从表 3 和表 4 看出,两种类型玉米叶片和茎秆干物质 MR 随密度的增加没有表现出明显的变化趋势,但 TR 均随密度增加而呈现上升趋势。对叶鞘干物质 MR 和 TR,耐密型武科 2 号则表现出明显的下降趋势。各处理雄穗 MR 均在 50% 左右,而 TR 则只有 1%。从各器官比较来看,MR 最大值均为雄穗,其次是茎秆和叶片,而 TR 值则以茎叶较高,雄穗最低。说明雄穗虽然具有相对较高的转移率,但由于其本身的生物量很少,所以对籽粒建成的贡献

率也很有限。

表 3 富农 1 号各器官干物质转移率(MR)和转换率(TR)(%)
Table 3 Movement ratios and transformation ratios of dry matter of different organs in Funong 1

密度 Density (万株/hm ²)	器官 Organ							
	叶片 Leaf		茎秆 Stem		叶鞘 Sheath		雄穗 Male head	
	MR	TR	MR	TR	MR	TR	MR	TR
4.5	33.46	7.06	40.16	6.79	37.88	3.87	57.11	1.11
5.25	32.08	6.11	40.88	11.53	15.19	2.04	41.21	1.17
6	25.68	6.81	42.42	10.87	37.75	5.18	53.26	1.84
6.75	30.57	10.79	43.71	12.62	36.24	6.35	23.74	0.62
7.5	29.21	11.24	32.14	12.50	24.82	4.84	59.06	1.99

表 4 武科 2 号各器官干物质转移率(MR)和转换率(TR)(%)
Table 4 Movement ratios and transformation ratios of dry matter of different organs in Wuke 2

密度 Density (万株/hm ²)	器官 Organ							
	叶片 Leaf		茎秆 Stem		叶鞘 Sheath		雄穗 Male head	
	MR	TR	MR	TR	MR	TR	MR	TR
5.25	21.74	3.85	51.02	16.52	42.03	5.28	44.47	1.00
6	42.24	8.84	25.73	4.08	32.13	4.83	50.59	1.49
6.75	18.02	3.93	34.98	6.41	24.71	2.91	43.30	0.92
7.5	33.59	7.96	34.98	7.00	10.75	1.44	58.82	1.65
8.25	32.52	9.65	52.25	14.95	13.12	1.57	32.28	1.46

3 结论与讨论

- 1) 不同密度处理下各玉米单株和群体干物质积累均呈 Logistic 生长曲线,且各生育时期单株干物质积累量随种植密度的增加而下降,而群体干物质积累量则随密度的增加而上升。
- 2) 种植密度对单株干物质积累的影响效应在大喇叭口期以后表现得尤为突出。
- 3) 玉米各器官干物质分配随生长中心的变化而转移,大喇叭口期以前以营养生长为主,大喇叭口期到抽雄吐丝期营养生长和生殖生长并进,而灌浆期以后则以生殖生长为主。
- 4) 密度对干物质分配的影响效应表现在灌浆期以后。
- 5) 茎、叶干物质转移率对密度的反应不敏感,而转换率则随密度的增加而上升。说明茎、叶干物质对籽粒建成的贡献率随密度的增加而上升。
- 6) 马国胜等^[8]在“密度对不同类型饲用玉米光合产物积累与转运的影响”中报道,营养器官 MR 值

在 15%左右,而本研究中营养器官表现出很高的转移率,这是否是因全膜双垄沟播技术的栽培模式提高了营养器官干物质转移率,还有待进一步研究。

参考文献:

[1] 王正银,胡尚钦,孙彭寿,等.作物营养与品质[M].北京:中国农业科技出版社,1999.

[2] 吕淑果.玉米饲用栽培的物质生产特性及营养品质研究[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2003:28—32.

[3] 杨柄平.饲用玉米生产技术研究及产业化探索[D].济南:山东农业大学,2004:22—41.

[4] 张瑞震,刘景辉,陈友君,等.不同品种青饲玉米群体光合性能指标的变化[J].农艺科学,2007,22(12):208.

[5] 刘开昌,张秀清,王庆成,等.密度对玉米群体冠层内小气候的影响[J].植物生态学报,2000,24(4):489—493.

[6] 杨祁峰,孙多鑫,熊春荣,等.玉米全膜双垄沟栽培技术[J].中国农技推广,2007,23(8):20—21.

[7] 高庆荣,孙兰珍,刘保申,等.杂种小麦花后干物质积累转运动态和分配[J].作物学报,2000,26(2):163—170.

[8] 马国胜,薛吉全,路海东,等.密度对不同类型饲用玉米光合产物积累与转运的影响[J].华北农学报,2006,21(3):46—50.

Effect of plant density on dry matter accumulation and transfer in different varieties of maize under full coverage on double ridges

ZHANG Yong-xiang¹, YANG Qi-feng², NIU Jun-yi³, ZHANG Lei⁴, NIU Fen-ju⁴, LI De-ren⁴

(1. Gansu Provincial Agro - technology Extension Center, Lanzhou, Gansu 730020, China;

2. Gansu Provincial Department of Agricultural & Animal Husbandry, Lanzhou, Gansu 730030, China;

3. Agronomy College, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070, China;

4. Yuzhong Agro-technology Extension Centre, Yuzhong, Gansu 730010, China)

Abstract: Effect of plant density on accumulation and distribution of dry matter in two maize varieties Funong 1 and Wuke 2 under full coverage on double ridges was studied. The results showed that dynamics of dry matter accumulation of single plant and population were Logistic curves. In each stage, the accumulation of dry matter of single plant decreased but that of population increased when plant density increasing. The effects of plant density on dry matter accumulation and distribution were more and more significant after huge bell bottom stage and filling stage. Effects of plant density on dry matter movement ratio was not sensitive to stem and leaf, but the transformation ratio was increased when plant density increasing.

Keywords: maize; density; dry matter accumulation; dry matter distribution; dry matter transfer

(上接第 25 页)

Yield and quality of capsicum and maize in strip relay intercroops and monoculture patterns

XU Qiang¹, CHENG Zhi-hui², LU Tao³, XIE Bao-ying⁴

(1. School of Horticulture, Anhui Agricultural University, Hefei, Anhui 230036, China;

2. School of Horticulture, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

3. Landscape greening bureau of Puyang city, Puyang, He'nan 457000, China;

4. School of Science, Anhui Agricultural University, Hefei, Anhui 230036, China)

Abstract: Relay intercroops of capsicum and maize is practiced at a large scale in the Shaanxi province of northwest China. A field experiment and a root barrier technique were employed to document the yield and quality character of capsicum and maize in monoculture and strip relay intercroops pattern. The results showed that under capsicum / maize strip relay intercroops, the land equivalent ratio was 1.18 ~ 1.24, proving a significant yield advantage of relay intercroops. There was significant quality advantage of relay intercropped maize compared with the monoculture. Protein content, oil and one hundred grain weight of relay intercropped maize were significantly higher than that of monoculture. There was significant quality disadvantage of relay intercropped capsicum compared with the monoculture. The contents of capsaicin, soluble sugar, ascorbic acid and rate of soluble sugar to titratable acid in capsicum fruit were decreased by relay intercroops plants, as compared to monoculture plants. However, the titratable acid content and dry matter weight of fruit in relay intercroops capsicum were higher than that of monoculture capsicum. There was a different dynamics curve of different nutrition quality index during capsicum fruit ripening. Effect of relay intercroops on the nutrition quality of capsicum fruit were minor and mostly below detection threshold. Considering yield advantage and economic benefit, the capsicum and maize strip relay intercroops planting pattern was a promising management practice.

Keywords: capsicum; maize; relay strip intercroops; yield; quality