

[文章编号] 1005-0906(2001)03-0064-05

玉米有效营养面积研究

韩秉进, 陈 渊, 赵殿臣

(中国科学院黑龙江农业现代化研究所, 哈尔滨 140040)

[摘 要] 提出作物有效营养面积新概念,并用回归理论对此进行试验研究。通过玉米试验研究建立玉米植株个体营养面积与产量关系的模型,优化解析出玉米有效营养面积为 $0.335\ 5 \sim 0.355\ 0\ \text{m}^2$,即有效株行距为 $0.51 \sim 0.58\ \text{m}$ 。据此阐明目前生产上广泛采用 $0.67 \sim 0.70\ \text{m}$ 的垄作,已超过玉米的有效株行距,造成了土壤资源等的浪费。

[关键词] 有效营养面积;最佳营养面积;个体;群体;产量

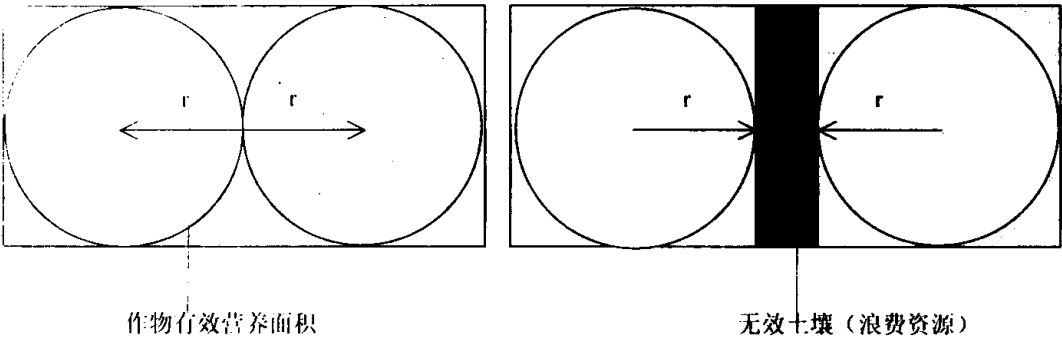
[中图分类号] S 513;S 158.3

[文献标识码] A

1 关于作物有效营养面积概念与图示

作物产量的构成是由个体与群体决定的。为了获取高产就必须在充分了解该作物个体生产潜力的基础上,采取有效措施,发挥群体优势,获取高产。为了最大限度地发挥个体生产力和群体生产力,各种技术措施都有其最佳点,就土壤而言,同样也存在有效营养面积和最佳营养面积。有效营养面积是指作物个体产量最高时的个体临界营养面积,即在当地生产水平(品种、施肥、气候等)条件下,随着作物

个体土壤营养面积的逐渐增大,个体产量也会逐渐提高,当营养面积达到一定程度时,再增大营养面积,个体产量也不再提高,这时的营养面积叫做作物的有效营养面积。最佳营养面积是指作物群体产量最高时的个体临界营养面积,即随着作物个体营养面积的增大,单位面积内的群体产量也会随个体产量的提高而逐渐提高,当个体营养面积达到一定程度时,再增大营养面积,群体产量却因群体数量的减少不但不再升高反而会下降,这时的个体营养面积叫做作物的最佳营养面积。



作物有效营养面积图示

2 研究目的、意义

采用优良品种和为作物创造良好的生态环境,是作物高产的必要条件。本项研究是鉴于北方垄作区几十年来,尽管品种几经更新换代,产量也有很大的提高,可一直不变的是垄型 $67 \sim 70\ \text{cm}$ 。株距也没

[收稿日期] 2001-03-25

[作者简介] 韩秉进(1957-),男,山东省高密市人,研究员,主要从事作物高产栽培理论与技术研究。发表论文 40 余篇。

[基金项目] 中国科学院创新工程项目中“作物高效种植方式研究”内容(KZCX1-Y-CA-04)。

有多大改变。现行株行距是否充分利用了土壤养分和空间资源?或说现行株行距是否限制了作物的生长发育,从而影响了群体产量。即当前的株行距是否是作物最佳的株行距?当地生产水平(品种、施肥、气候等)条件下,为了充分发挥土壤肥力和肥料营养的作用,株行距很重要,个体与群体的协调增长才能达到高产。原则上株行距都不应大于有效营养面积半径 r 的 2 倍,即 $2r$ 是行、株距的上限。最好是在最佳营养面积半径 2 倍的范围内。该项研究,主要是研究作物个体生产力和群体生产力。理论上阐明在不同土壤营养面积上作物个体与群体关系;实践上为现行株行距及确定新的株行距提供理论依据。确定作物合理的布局,以达到最大限度地利用土壤肥力、肥料营养及空间资源,最终达到增加作物产量之目的。

3 试验设计的方法

本研究分为理论研究和应用研究两部分:

(1)理论研究:在平作、全层施肥条件下进行。确定作物最大营养面积及最佳营养面积。此项研究不是从适应现有农机具而确定株行距,而是从作物需要出发而确定新的株行距。

(2)应用研究。在常规垄作、现有生产措施条件下进行。验证现有株行距是否合理,并确定在现有生产条件下作物的合理株行距。

3.1 试验处理

(1)理论研究。在平作区株行距按正方形设置营养面积为:① $0.11 \text{ m}^2/\text{株}$;② $0.14 \text{ m}^2/\text{株}$;③ $0.17 \text{ m}^2/\text{株}$;④ $0.22 \text{ m}^2/\text{株}$;⑤ $0.36 \text{ m}^2/\text{株}$ (相当于株行距 $33 \text{ cm} \times 33 \text{ cm}$, $37 \text{ cm} \times 37 \text{ cm}$, $41 \text{ cm} \times 41 \text{ cm}$, $47 \text{ cm} \times 47 \text{ cm}$, $60 \text{ cm} \times 60 \text{ cm}$)。小区面积不小于 40.2 m^2 。随机区组,3 次重复。

(2)应用研究。在常规垄作区设置营养面积为:① $0.14 \text{ m}^2/\text{株}$;② $0.17 \text{ m}^2/\text{株}$;③ $0.20 \text{ m}^2/\text{株}$;④ $0.28 \text{ m}^2/\text{株}$;⑤ $0.36 \text{ m}^2/\text{株}$ (相当于 70 cm 的垄株距 19.6 , 24 , 29 , 40 , 51 cm)。6 垄区,区长 10 m ,小区面积 40.2 m^2 。随机区组,3 次重复。

3.2 基本情况

试验地点在中国科学院海伦生态试验站,土壤类型为典型的黑土。作物品种采用当地主栽玉米品种海育 6,每公顷施尿素 225 kg ,磷酸二铵 112.5 kg ,施肥方法是在播种前将肥料一次性施入,平作区是用 24 行播种机将肥料均匀播入田中,垄作区是在垄

侧开沟施入。播种方法是按设计人工等距离拉线坐水淹种。生育期定期调查株高、叶片数、叶面积指数^[1]等生态指标和净光合速率等。

4 试验结果与分析

4.1 经济产量

4.1.1 直观分析

单株产量随营养面积的增大而升高,但处理④与处理⑤差距已不大,表明试验设计中的不同营养面积处理已达到或接近玉米的有效营养面积;单位面积内产量除营养面积较大的处理⑤较低外,其余处理都较高。不同营养面积处理间单株产量差异显著,但单位面积内产量除营养面积过大的处理⑤外,其余各处理间的产量差异却很小,这表明在一定的营养面积范围内玉米个体产量与群体产量的自身调节能力也是很强的。

无论是单株产量还是单位面积产量,植株个体营养面积较大的稀植情况下垄作产量较高(垄作⑤);而在植株个体营养面积较小的密植情况下平作产量较高。这是因为在植株个体营养面积较大(稀植)情况下,植株个体间影响较小(或无影响),垄作发挥地温高(每天平均高 $0.3 \sim 0.4^\circ\text{C}$)优势,植株发育好、产量高。相反,当植株个体营养面积较小(密植)时,植株个体间影响较大,成为个体生长发育的主要矛盾,平作区植株分布均匀,营养面积合理。个体间影响相对较小,发育好、产量高。而垄作区在植株营养面积较小的密植后,因垄距较大,株距变小,株距间个体影响较大,并且密植后田间郁蔽,垄作的增温优势不明显,植株发育不好,产量较低。

4.1.2 回归分析^[2,3,4]

个体产量:由图 1 可以看出单株产量随营养面积增大而升高的变化规律明显,虽然永远不会降低,但却有一个最高点。可通过二次函数抛物线顶点以前部分模拟推断出最大营养面积(有效营养面积)。

$$y_{\text{平}} = -81.59793 + 1984.03367x - 2957.01591x^2 \quad (r = 0.99593^{**})$$

$$y_{\text{垄}} = -67.77977 + 1751.01684x - 2362.90223x^2 \quad (r = 0.99168^{**})$$

式中 y —单株产量(g), x —单株营养面积(m^2)。

通过方程式优化解析出平作、垄作有效营养面积为 0.3354 m^2 、 0.3550 m^2 。垄作区有较大的有效营养面积,原因是在平作区有效营养面积时,垄作区因为株距较小,仍影响植株个体生长发育,而另一方

面又表现出垄距过大,对玉米植株形成无效资源。将有效营养面积转化后得知,0.51~0.58 m 是玉米的有效株行距。当前生产中广泛运用的 0.67~0.70 m 垄种植玉米,已造成土壤资源的浪费。

群体产量:单位面积内产量有随营养面积增大而减少的趋势,垄作区较明显。

$y_{\text{平}} = 774.037\,23 + 2\,578.791\,11x -$

$7\,749.695\,06x^2 \quad (r=0.994\,22^*)$

$y_{\text{垄}} = 839.842\,21 + 1\,442.030\,41x -$

$4\,937.086\,07x^2 \quad (r=0.973\,70)$

式中 y —平方米产量(g), x —单株营养面积(m^2)。

通过方程式优化解析出平作最佳营养面积为 $0.166\,4\,\text{m}^2$,垄作区最佳营养面积为 $0.146\,0\,\text{m}^2$ 。

表 1 不同营养面积对经济产量的影响 g

处 理		单株粒重(g)				粒重(g/m ²)			
		I	II	III	平均	I	II	III	平均
平作	①0.11	112.64	105.00	101.18	106.27	1 036.25	966.00	930.87	977.71
	②0.14	133.14	133.14	129.22	131.83	971.90	971.90	943.31	962.37
	③0.17	182.69	157.69	161.54	167.31	1 077.88	930.38	953.08	987.12
	④0.22	215.61	237.37	197.81	216.93	970.24	1 068.16	890.13	976.18
	⑤0.36	240.14	244.11	261.97	248.74	672.39	683.50	733.51	696.47
垄作	①0.14	131.75	135.00	127.88	131.54	961.78	985.50	933.49	960.25
	②0.17	153.15	166.89	157.07	159.04	903.56	984.65	926.73	938.32
	③0.20	185.55	181.76	184.00	183.77	909.20	890.64	901.60	900.48
	④0.28	237.00	243.03	257.08	245.70	853.20	874.89	925.51	884.53
	⑤0.36	242.91	250.94	267.00	253.61	680.14	702.63	747.59	710.12

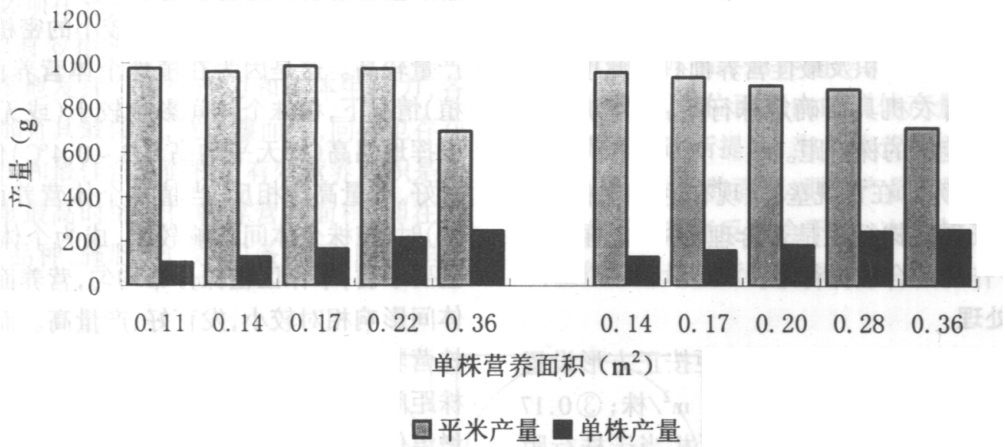


图 1 平作(左)和垄作(右)不同营养面积的玉米产量

4.2 不同营养面积对植株个体经济产量构成因素的影响

将试验考种数据列于表 2,不同营养面积处理与其关系绘制于图 2、图 3,相关性分析列于表 3。

表 2 各处理植株个体经济产量构成因素

处 理		穗长 (cm)	穗粗 (cm)	秃尖 (cm)	穗粒重 (g)	百粒重 (g)
平作	0.11	18.53	4.45	1.66	126.00	29.33
	0.14	20.50	4.60	2.07	148.80	33.13
	0.17	23.68	4.80	4.77	200.00	33.47
	0.22	23.53	4.95	1.26	225.50	36.37
	0.36	25.09	5.20	1.78	258.00	39.97
垄作	0.14	20.00	4.50	2.02	155.00	29.10
	0.17	20.13	4.50	1.14	161.00	31.70
	0.20	21.89	4.75	1.76	185.55	34.56
	0.28	22.96	5.00	1.74	237.00	37.80
	0.36	21.67	5.10	1.47	257.00	37.60

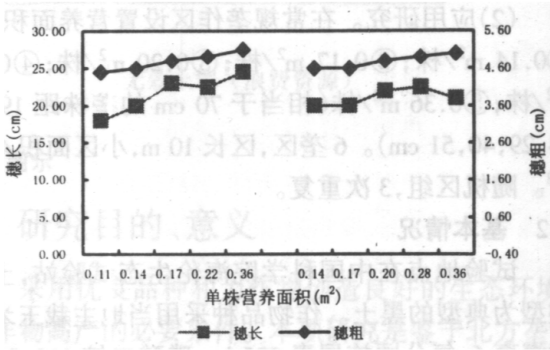


图 2 平作(左)和垄作(右)不同营养面积对玉米穗长、穗粗的影响

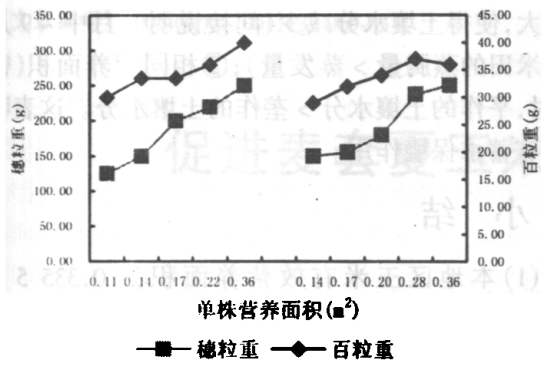


图3 平作(左)和垄作(右)不同营养面积对穗粒重、百粒重的影响

表3 不同营养面积与个体产量构成因素的相关性(r)

	穗长	穗粗	穗粒重	百粒重
平作	0.833 9	0.957 5*	0.916 1*	0.955 6*
垄作	0.669 6	0.962 0**	0.967 9**	0.904 3*

由此可见,试验设计范围内,不同营养面积与个体产量构成因素穗长、穗粗、穗粒重、百粒重均呈正相关。其中与穗粗、穗粒重、百粒重相关达到显著或极显著水准。这进一步表明植株营养面积是影响植株产量的重要因子。另外据观察营养面积较大的 0.36 m^2 区20%~25%的植株结出双穗。这表明玉米个体产量与群体产量的自身调节形式,除了穗长、穗粗、百粒重外,稀植情况下,结双穗也是一种自身调节形式。但尽管 0.36 m^2 区玉米植株通过增加穗粒重、结双穗竭力提高单株产量,以此调节群体产量,终因单位面积内的群体株数不足,仍与其他处理的群体产量差异显著。这同时也表明 $60\text{ cm}\times 60\text{ cm}$ (0.36 m^2)这样的株行距已超出了玉米自身能够调节的株行距范围。

4.3 对生物产量(干重)的影响(见图4、图5)

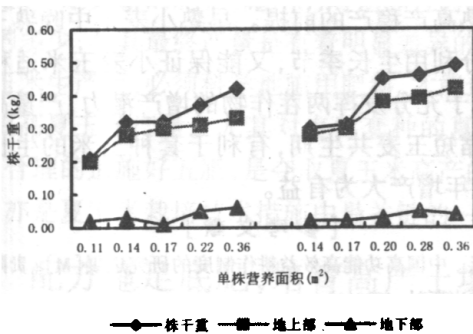


图4 平作(左)和垄作(右)不同营养面积对个体干物质的影响

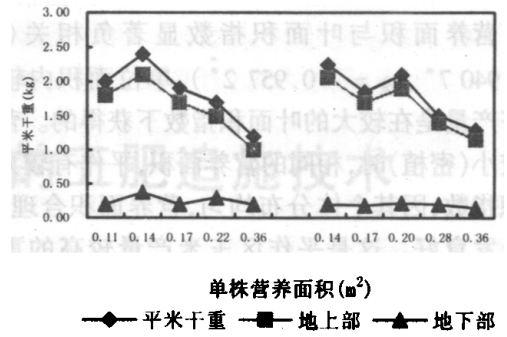


图5 平作(左)和垄作(右)不同营养面积对群体干物质的影响

个体干物重:随营养面积的增大,植株干物质重量升高。

群体干物重:基本是随营养面积的增大,单位面积内干物质重量减少的趋势。

4.4 不同营养面积对叶片的影响

叶片是光合产物的加工厂。生育期叶片生育状况会直接影响光合产物的多少、产量的高低。现将8月27日测定结果进行分析(图6、图7)。

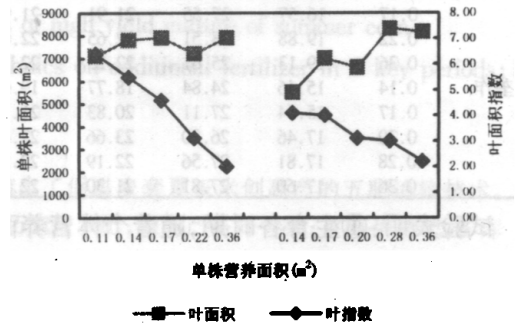


图6 平作(左)和垄作(右)不同营养面积对单株叶面积及叶面积指数的影响

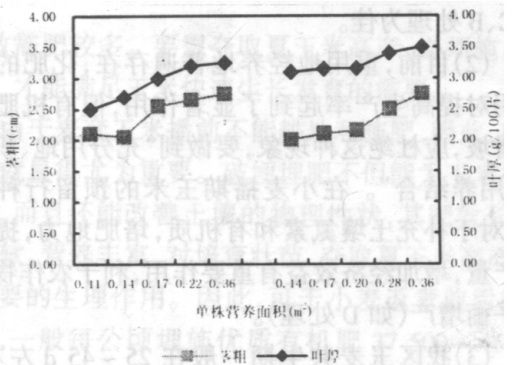


图7 平作(左)和垄作(右)不同营养面积对叶片厚度及茎粗的影响

4.4.1 单株叶面积

营养面积与单株叶面积正相关 ($r_{\text{平}} = 0.491 7$, $r_{\text{垄}} = 0.894 3^*$)。

4.4.2 叶面积指数

营养面积与叶面积指数显著负相关($r_{\text{平}} = -0.9407^*$, $r_{\text{垄}} = -0.9572^*$), 单位面积内较高的经济产量是在较大的叶面积指数下获得的。营养面积较小(密植)时, 相同的营养面积, 平作有较大的叶面积指数, 因其个体分布均匀, 营养面积合理, 个体生长发育好。这是平作区玉米产量较高的重要原因。

4.4.3 叶片厚度、茎粗

营养面积与叶片厚度、茎粗呈显著的正相关(叶厚 $r_{\text{平}} = 0.8800^*$, $r_{\text{垄}} = 0.9559^*$; 茎粗 $r_{\text{平}} = 0.8054$, $r_{\text{垄}} = 0.9952^{**}$)。叶片厚度、茎粗也很重要。一般较大的叶面积指数能获得较高的产量, 但叶面积指数较小叶片较厚一样可获得较高产量。

4.5 对土壤水分的影响

表 4 不同营养面积对土壤水分的影响

处 理	处理 (m ²)	0~40 cm			平均 (%)
		7月15日	8月15日	9月15日	
平作	0.11	17.39	25.17	20.99	20.99
	0.14	15.76	25.28	20.75	20.75
	0.17	16.57	27.55	21.91	21.91
	0.22	19.88	28.51	22.65	22.65
	0.36	19.13	25.61	22.23	22.23
垄作	0.14	15.46	24.84	18.77	19.69
	0.17	15.54	27.11	20.83	21.16
	0.20	17.46	26.30	23.66	22.47
	0.28	17.81	27.56	22.19	22.52
	0.36	17.60	27.81	21.30	22.24

试验表明:①生育各时期, 随着个体营养面积的减少, 土壤水分也减少。这表明植株群体多, 水分蒸

腾量大, 使得土壤水分减少(间接说明 7 月中~9 月中玉米田的蒸腾量 > 蒸发量); ②相同营养面积(密度)时, 平作的土壤水分 > 垄作的土壤水分。这表明平作有蓄水保墒作用。

5 小 结

(1)本地区玉米有效营养面积为 0.335 5 ~ 0.355 0 m², 即有效株行距为 0.51 ~ 0.58 m。目前生产上广泛运用的 0.67 ~ 0.70 m 垄, 已超出玉米的有效株行距, 造成土壤资源等的浪费。采用 0.50 ~ 0.60 m 的垄距种植玉米, 将更有利于提高群体产量。

(2)玉米植株个体营养面积与产量性状的穗粗、穗粒重、百粒重呈显著正相关。表明对个体产量的影响因子主要是穗粗、穗粒重、百粒重。玉米植株个体营养面积与单株叶面积呈正相关, 而与叶面积指数呈显著的负相关。

[参 考 文 献]

- [1] 赵增煜. 常用农业科学试验法[M]. 北京, 农业出版社, 1986.
- [2] 陶勤南. 回归分析与回归设计[J]. 北京农业科学(专集), 1984, 1-55.
- [3] 马育华. 试验统计[M]. 北京, 农业出版社, 1982, 513-554.
- [4] 韩秉进. 松嫩平原黑土区玉米生产氮磷配合肥效优化模型的研究[J]. 土壤学报. 1998, 35(3): 392-397.

联系电话: 0451-6602236, 6603753, 6603736