

作物群体边际效应规律及其应用*

杜心田 王同朝 (河南农业大学, 郑州 450002)

【摘要】 对作物边际效应的研究表明, 有利生态因子的作用大于不利生态因子的作用时, 作物群体发生正边际效应, 表现为边际优势; 不利生态因子的作用大于有利生态因子的作用时, 作物群体发生负边际效应, 表现为边际劣势. 在作物群体内部条件一致的情况下, 边际效应的绝对值随边距递增而递减.

关键词 边际效应 作物群体 边距

Edge effect law in crop population and its application. Du Xintian and Wang Tongchao (Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002). - *Chin. J. Appl. Ecol.*, 1998, 9(5): 475~ 480.

Studies on crop edge effect show that when the role of favorable ecological factors on crop population is greater than that of unfavorable ecological factors, the positive edge effect appears and the edge superiority shows; reversely, the negative edge effect appears and the edge inferiority shows. Under the same interior conditions in crop population, the absolute value of edge effect is decreased with increasing edge distance.

Key words Edge effect, Crop population, Edge distance.

1 引言

自 Beecher(1942) 提出边际效应(Edge effect) 以来, 不少研究者对其进行了研究, 并取得重要进展^[2, 3, 8, 9]. 马世骏曾提出边际生态学的设想^[1]. 而对作物群体边际效应规律研究得不多. 自 1956 年, 在安阳观察到棉花边行优势和甘薯边行劣势以来, 为了利用优势和减缓劣势, 我们在河南省各地调查作物边际效应和试验带状间作套种^[4, 5, 6, 7]; 并在获得大量数据的基础上, 总结出作物群体边际效应势律和作物群体边际效应递减律, 为改革耕作制度和建立植物生态工程提供理论依据.

2 材料与方法

供试材料为粮食作物、经济作物、蔬菜作物和药用作物等 13 种栽培植物. 调查在安阳、开封、郑州、新野、西华、商丘、遂平、许昌、新乡、尉

氏、中牟、内黄和登封等 13 个市县的大田和试验田内进行, 自边 1 行向里逐行调查, 每点 6~ 10 行, 每行 10~ 20 株, 计算个体或单行单米(密播作物)的生产量. 试验是在河南农业大学农作站进行, 土地砂壤土, 中等肥力, 有灌溉条件; 试验区面积不等(20m × 6m ~ 40m × 9m), 顺序排列, 大区对比. 选用日产 SPI - T I 照度计测定植株中部光照强度(L_x), 与自然光照强度相比, 求出透光率. 土壤水分用烘干法测定, 求出土壤含水量. 其他项目用常规方法进行.

3 结果

3.1 作物群体边际效应势率

作物群体与生态因子密不可分, 互相影响. 由于生态因子的作用和作物属性的原因, 作物群体同群落一样也存在着边际效应. 作物群体边际部分的生产量(P_e)与中间部分的生产量(P_m)之差额称为作物

* 国家自然科学基金资助项目(39170514).
1996- 10- 12 收稿, 1998- 03- 31 接受.

群体边际效应(E) . 它可用个体的器官数量和重量、高度、粗度以及生物量等来表示. 需要时, 也可使用边际效应率(e) , 即边际效应与中间部分的生产量之比率.

$$E = P_e - P_m \quad (1)$$

$$e(\%) = \frac{E}{P_m} \times 100 \quad (2)$$

1993 年在河南农业大学农作站试验表明, 管理和其他条件基本一致, 由于生态因子的作用, 各种作物群体有着不同的边际效应(表 1) . 玉米与大豆邻接, 玉米植株高大, 通风透光良好, 在 9 月 24 日上午测定, 其边 1~ 3 行植株中部的透光率比中间行¹⁾依次高 18. 7、5. 4 和 1. 4. 因此, 各行 5 株平均株粒重依次减少, 中间行最低. 根据式(1), 计算出正边际效应代入式(2), 边际效应率可达 19. 4~ 74. 0%, 边际部分的前 3 行表现出明显的边际优势. 相反, 大豆受到玉米遮光, 其边 1~ 2 行植株中部的透光率, 比中间行低 4. 1 和 3. 3. 因此, 这 2 行 10 株平均株粒重均比中间行低, 代入式(1) 和(2), 得负边际效应, 边际效应率为 - 32. 3~ - 8. 4%, 则呈边际劣势.

6 月 8 日在上述地点调查与垄沟邻接的小麦, 其边 1~ 3 行 10~ 20cm 土层的土壤含水量比中间行依次高 2. 3、1. 2 和 0. 5; 各行的行粒重依次减少, 中间行最低, 发生正边际效应表现为边际优势.

9 月 5 日, 在登封县西关村丘陵旱地梯田调查(表 1), 从梯田边沿向里, 大豆 1~ 5 行 10~ 20cm 土层的土壤含水量比中间行低 2. 7~ 0. 4; 各行 10 株平均株高均比中间行低. 诸行受干旱的不良作用大于光照充足的作用, 综合影响的结果, 产生负边际效应表现为边际劣势.

由此可看出, 作物生态因子与边际效应具有明显的相关关系. 表现为作物群体边际效应势律: 在有利生态因子的作用大

于不利生态因子的作用时, 作物群体发生正边际效应, 表现为边际优势; 不利生态因子的作用大于有利生态因子的作用时, 作物群体发生负边际效应, 表现为边际劣势.

3. 2 作物群体边际效应递减律

作物是固定在地面上生长的, 所以在作物四周存在着一定的边界面. 为了便于测量, 命通过作物群体最外器官边沿而垂直于地面的平面为垂直边界面. 个体与垂直边界面的距离为边距(D) . 各个体在同一方向的边距之差为距差(d) . 以 D_1 代表最外个体的边距, n 代表自垂直边界面向里的株(行) 序, 则

$$D = D_1 + \sum_{i=1}^{n-1} d_i \quad (i = 1, 2, 3 \dots n-1) \quad (3)$$

条播时, 以 R 代表行距, 以平行于播行的垂直边界面为基准, 则边距也可按以下公式计算:

$$D = D_1 + R(n-1) \quad (4)$$

从 3. 1 可看出, 不同边距的个体受生态因子影响的程度不同, 从边界面向里逐渐减弱, 因此, 作物群体边际效应与边距呈负相关, 形成一个递减的梯度. 经研究和分析, 发现作物群体边际效应递减率:

在作物群体内部条件一致的情况下, 边际效应的绝对值随边距递增而递减. 数学模型²⁾ 为:

$$\begin{array}{ccc} D & \rightarrow & \\ \hline (1) & & (n) \\ \hline \leftarrow & & \end{array} \quad |E| \quad (5)$$

1994 年, 在郑州市郊区调查水稻边际效应(表 2) 结果表明, 行距 20cm, 边 1~ 4 行的边距依次增加, 株高则降低, 中间行最

1) 中间行以一定行数的无边际效应的诸行为代表.
2) 规定 $\xrightarrow{\quad}$ 为从边 1 行(株) 至 n 行(株) 的相关递增递减序列符号.

表 2 作物群体的正边际效应
Table 2 Positive edge effect of crop population

项目 Item		边际行序 Edge rows No.										中间行 Middle rows	行距 Row spacing (cm)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
棉花 Cotton	边距	66.2	132.9	199.6	266.3	333.0	399.7	466.4	533.1	599.8	666.5		
	Edge distance(cm)												
	株铃数 Boll No. per plant	37.2	21.0	19.6	18.2	15.8	15.2	18.8	16.2	18.2	14.6	16.5 (5~ 10 行平均) (5~ 10rows mean)	
大豆 Soybean	边际效应 E(No.)	20.7	4.5	3.1	1.7								
	边距	26.6	66.6	106.6	146.6	186.6	226.6	266.6	306.6	346.6	386.6		40
	Edge distance(cm)												
	株粒重 Kernel wt. per plant(g)	42.6	29.9	22.4	22.4	26.1	25.4	22.1	32.2	27.9	21.3	25.0 (3~ 10 行平均) (3~ 10rows mean)	
	边距效应 E(g)	17.6	4.9										
	边距	15.4	35.4	55.4	75.4	95.4	115.4	135.4	155.4	175.4		20	
小麦 Wheat	Edge distance(cm)												
	株高 Plant height(cm)	96.2	89.1	79.0	72.0	76.1	72.6	79.5	78.2	74.2	75.4	(4~ 9 行平均) (4~ 9rows mean)	
	边距效应 E(cm)	20.8	13.7	3.6									
水稻 Rice	边距	39.9	59.9	79.9	99.9	119.9	139.9	159.9	179.9	199.9	219.9		20
	Edge distance(cm)											113.1 (5~ 10 行平均) (5~ 10rows mean)	
	株高 Plant height(cm)	126.5	123.4	122.0	115.4	112.5	116.7	121.7	109.8	111.1	106.9		
大豆 Soybean	边距效应 E(cm)	13.4	10.3	8.9	2.3								
	边距	25.0	65.0	105.0	145.0	185.0	225.0	265.0	305.0	345.0	385.0		40
	Edge distance(cm)												
	株粒重 Kernel wt. per plant(g)	28.8	19.9	18.3	18.3	17.4	22.5	23.0	15.2	14.7	15.2	18.0 (4~ 10 行平均) (4~ 10rows mean)	
	边距效应 E(g)	10.8	1.9	0.3									
	边距	31.5	61.5	91.5	121.5	151.5	181.5	211.5	241.5	271.5	301.5		30
芝麻 Sesame	Edge distance(cm)												
	株蒴数 Capsule No. per plant	61.8	53.2	51.4	73.4	58.6	45.2	58.2	40.2	47.9	34.8	51.2 (4~ 10 行平均) (4~ 10rows mean)	
	边距效应 E(No.)	10.6	2.0	0.2									
胡萝卜 Carrot	边距	30.7	50.7	70.7	90.7	110.7	130.7	150.7	170.7	190.7	210.7		20
	Edge distance(cm)												
	单株生物量 Biomass per plant (g)	166.7	126.9	111.5	112.5	103.3	123.3	128.6	140.9	161.1	90.0	121.4 (3~ 10 行平均) (3~ 10 rows mean)	
姜 Ginger	边距效应 E(g)	45.3	5.5										
	边距	33.7	90.4	147.1	203.8	260.5	317.2	373.9	430.6				56.7
	Edge distance(cm)												
	株姜重 Ginger wt. per plant(g)	143.3	140.5	122.9	120.0	125.8	108.2	114.1	114.1	115.6		(5~ 8 行平均) (5~ 8rows mean)	
	边距效应 E(g)	27.7	24.9	7.3	4.4								
	边距	29.2	62.5	95.8	129.1	162.4	195.7	229.0	262.3	295.6	328.9		33.3
麦冬 Dwarf flily- turf	Edge distance(cm)												
	单株生物量 Biomass per plant (g)	262.7	252.5	236.8	225.2	224.5	223.7	202.5	245.8	241.2	188.1	219.4 (7~ 10 行平均) (7~ 10rows mean)	
	边距效应 E(g)	43.3	33.1	17.4	5.8	5.1	4.3						

表 3 作物群体的负边际效应
Table 3 Negative edge effect of crop population

项目 Item		边际行序 Edge rows No.										中间行 Middle rows	行距 Row spacing (cm)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
甘薯 Sweet pot ato	边距	75.8	142.5	209.2	275.9	342.6	409.3	476.0	542.7	609.4	676.1		
	Edge distance(cm)												
	株薯重	540.0	770.0	815.0	930.0	845.0	1020.0	890.0	915.0	915.0	910.0	917.9	
	Root stock wt. per											(4~ 10 行平均)	
	plant(g)											(4~ 10rows mean)	
胡萝卜 Car rot	边际效应 E(g)	- 377.9	147.9	102.9									
	边距	30.7	50.7	70.7	90.7	110.7	130.7	150.7	170.7	190.7	210.7		20.0
	Edge distance(cm)												
	单株生物量	18.8	78.6	157.1	193.8	291.7	189.3	208.3	291.7	186.1	200.0	227.9	
	Biomass per											(5~ 10 行平均)	
	plant(g)											(5~ 10rows mean)	
	边际效应 E(g)	- 209.4	149.3	70.8	- 34.1								
	边距	14.6	37.9	61.2	84.5	107.8	131.1						23.3
	Edge distance(cm)												
	行粒重	21.2	78.5	94.9	125.9	132.9	115.8					124.9	
大豆 Soy bean	Kemel wt. per row											(4~ 6 行平均)	
	(g·m ⁻¹)											(4~ 6rows mean)	
	边际效应 E(g·m ⁻¹)	103.7	- 46.4	- 30.0									
	边距	22.0	67.0	112.0	157.0	202.0	247.0	292.0	337.0	382.0	427.0		45.0
	Edge distance(cm)												
绿豆 Green gram	株荚数	15.8	26.1	32.3	32.5	26.7	31.3	22.7	31.9	26.2	25.8	28.7	
	Pod No. per plant											(3~ 10 行平均)	
												(3~ 10rows mean)	
	边际效应 E(No.)	- 12.9	- 2.6										
	边距	31.1	78.4	125.7	173.0	220.3	267.6	314.9	362.2	409.5	456.8		47.3
大葱 Chir ese onion	Edge distance(cm)												
	单行生物量	130.0	962.7	1151.8	959.9	900.8	1069.1					1020.4	
	Biomass per row											(3~ 6 行平均)	
	(g·m ⁻¹)											(3~ 6rows mean)	
	边际效应 E(g·m ⁻¹)	890.4	57.7										
甘蓝 Cab bage	边距	27.5	64.2	100.9	137.8	174.3	211.0						36.7
	Edge distance(cm)												
	单球重	1480.0	1550.0	1563.0	1570.0	1575.0	1572.0					1573.5	
	Wt. per comm(g)											(5~ 6 行平均)	
												(5~ 6rows mean)	
	边际效应 E(g)	- 93.5	- 23.5	- 10.5	- 3.5								

注: 表 1、表 2 和表 3 为 1956~ 1995 年陆续在安阳、开封、郑州、新野、西华、商丘、遂平、许昌、新乡、尉氏、中牟、内黄和登封 13 市县多点调查和试验的材料。
Note Table 1, table 2 and table 3 are the data of investigation and experiment at many places in Anyang, Kaifeng, Zhengzhou, Xinye, Xihua, Shangqiu, Suiping, Xuchang, Xinxang, Weishi, Zhongmou, Nei Huang and Dengfeng from 1956 to 1995.

低, 按式(1)计算其边际效应代入式(5):

$$\frac{39.9 < 59.9 < 79.9 < 99.9}{(1) \qquad \qquad \qquad (4)}$$

←—————→

$$|13.4| > |10.3| > |8.9| > |2.3|$$

在 4 行的范围内, 水稻的正边际效应的绝对值随边距递增而递减。
同年, 在河南农业大学农作站试验(表 3)表明, 邻接大豆的胡萝卜行距 20cm, 边 1~ 4 行的边距依次增加, 单株生物量也增

加,而中间行为 227.9,计算出边际效应代入式(5):

$$\begin{array}{ccc} 30.7 < 50.7 < 70.7 < 90.7 & \rightarrow \\ \hline (1) & & (4) \\ \hline \leftarrow & & \end{array}$$
$$|209.11| > |149.31| > |70.81| > |34.11|$$

在 4 行之内,胡萝卜的负边际效应的绝对值,同样随边距递增而递减.此外,调查和试验的大量材料(表 1、2、3)均可验证作物群体边际效应势律和作物群体边际效应递减律.

4 讨 论

有人认为,作物群体边际效应的范围窄,应用意义不大.我们认为,在广大农村的带状责任田、带状间作套种田和丘陵梯田上,种植正边际效应率高的作物如小麦、玉米和棉花等,作物群体边际效应规律具有较大的实用价值.据统计,全国仅带状麦棉套种的面积已达 315.1hm²,占棉田总面积的 56.8%^[7].根据试验和调查的材料综合,带状麦棉套种比棉花单作平均每公顷增加经济效益 29.0%,提高光能利用率 1.25%和土地利用率 33~60%^[7].

在设计作物生态工程的田间结构时,曾应用作物群体边际效应规律来确定带状间作套种中各作物的幅宽^[5,6].凡发生正边际效应的作物,其幅宽应小于边际效应范围的 2 倍,以发挥幅两边正边际效应的

更大增产作用;凡发生负边际效应的作物,其幅宽应大于边际效应范围的 2 倍,以减轻幅两边负边际效应的减产作用.这些原则是否带有普遍性尚需要讨论和进一步验证.此外,还可在护田林网、防风林带以及环境绿化和保护等方面开展应用研究.

为了充分发挥边际效应在生产上的良好作用,应创造和加强利用有利的边际生态因子,如发展水利,合理密植,增加营养和适当喷素等,以促进优势作物增产.根据张维城的研究^[8,9],边行小麦增加基本苗 56.9%,增产 67.2%;增施同样数量的硫酸铵,棉花边行比中间行增产 75.6%.同时,要尽量减少不利边际生态因子的影响,如科学组配作物,严格防治病虫害和运用促控管理技术等.

参考文献

- 1 马世骏等.1990.现代生态学透视.北京:科学出版社,43~45.
- 2 王如松、马世骏.1985年.边缘效应及其在经济生态学中的应用.生态学杂志,(2):38~42.
- 3 刘翼浩.1982.耕作制度.北京:农业出版社,81~82.
- 4 杜心田等.1983.关于棉田带状间套作的几个问题.河南农林科技,(7):4~7.
- 5 杜心田等.1989.棉花生态工程研究.中国棉花,16(2):21~23.
- 6 杜心田等.1990.旱地作物生态工程的设计.生态学杂志,9(3):12~15.
- 7 杜心田等.1993.麦棉套种.北京:农业出版社,6~11.
- 8 张维城.1979.对增强小麦边行优势技术措施的研究及其实践意义.河南农林科技,(5):1~5.
- 9 张维城.1980.棉花边际效应及其应用.河南农林科技,(2):29~31.