

121-127

第15卷 第2期
1995年6月生态学报
ACTA ECOLOGICA SINICAVol. 15, No. 2
Jun., 1995半干旱生态条件下春小麦群体
生态场的空间分布*

王根轩

(河南大学生物系, 郑州, 475001)

赵松岭

(兰州大学干旱生态重点实验室, 兰州, 730000)

5512.101

A

摘要 在冠幅半径只有株距一半的三叶期, 群体生态场呈以每株立地点为峰顶的相对独立的小凸起, 随着个体生长, 拔节期群体的生态场成为一个稍见起伏的大凸峰。将行距加倍后, 场强在行间出现明显的低谷; 株距也加倍后, 在株间出现同样的低谷, 群体的相对密度对其场强分布趋势起重要作用。由于边行效应使群体在发育后期边行的场强增高从而使群体场强分布呈近似平顶凸起状。

关键词: 生态场, 春小麦, 边行效应, 半干旱。

生态场是生物的生命活动所产生的综合生态效应的空间分布^[1-3]。自1985年公开使用生态场一词^[4]以来, 已对简单旱生群落^[4-6]和作物个体^[2]的生态场进行了初步研究, 但对作物群体的生态场的空间分布规律尚未见报道。作物群体生态场的空间分布规律是生态场理论应用于农业生产的关键问题之一。本文在半干旱生态条件下研究了春小麦人工群体生态场的空间分布动态。

1 材料方法

1.1 材料和生态条件

实验在黄河水利委员会甘肃定西水保站的实验田进行, 据该站观测资料, 该地区年均温6.0℃, 最高温度30℃, 最低温度-23℃, 年均降雨量430mm, 降水日数100d, 日照时数2450h。在精耕施肥后, 设置2m×2m的小样方, 样方之间和四周均留2m的间隔以避免相互干扰。在3月10日至15日定位摆播已测过发芽率的春小麦(*Triticum aestivum* L.), 摆播的株、行距和分布见图1b、图2b、图3b和图4b。

1.2 测定方法

生态场强度采用分别测定生态因子场和生态效应系数并综合定量分析的方法^[2,3], 测定的生态因子场分别是: CO₂, 大气相对湿度, 土壤水分, 土壤N素和遮光度。测定方法和使用的仪器同前文^[2]。采用烘干法测定个体生物量, 取样重复12次, 计算平均值和标准误。

1.3 数据处理

将个体生态场的空间距离分布规律^[2]的坐标变量改为两维直角坐标定位后可得:

$$E = \alpha_i E_{i0} \left[1 + \left(\frac{\sqrt{x^2 + y^2}}{h_i} \right)^2 \right]^{-\frac{3}{2}} + (\alpha_N E_{N0} + \alpha_W E_{W0}) \left[1 + \left(\frac{\sqrt{x^2 + y^2}}{h_r} \right)^2 \right]^{-\frac{1}{2}}$$

* 国家自然科学基金资助项目, 39100022。

收稿日期 1993 08 01, 修改稿收到日期, 1994 02 05。

$$+ (\alpha_l E_{l0} + \alpha_n E_{n0}) \left[1 + \left(\frac{\sqrt{x^2 + y^2}}{h_c} \right)^2 \right]^{-\frac{1}{2}} \quad (1)$$

这里, α 表示生态效应系数, E_0 表示在场源处生态因子的相对变化值, 角码 l, w, n, c, h 分别表示光照、水分、氮素、 CO_2 和相对湿度因子, h_c 和 h_r 分别表示冠层和根系分布中心离地面的高(深)度, x 和 y 分别表示在 x 轴和 y 轴的平面直角坐标。

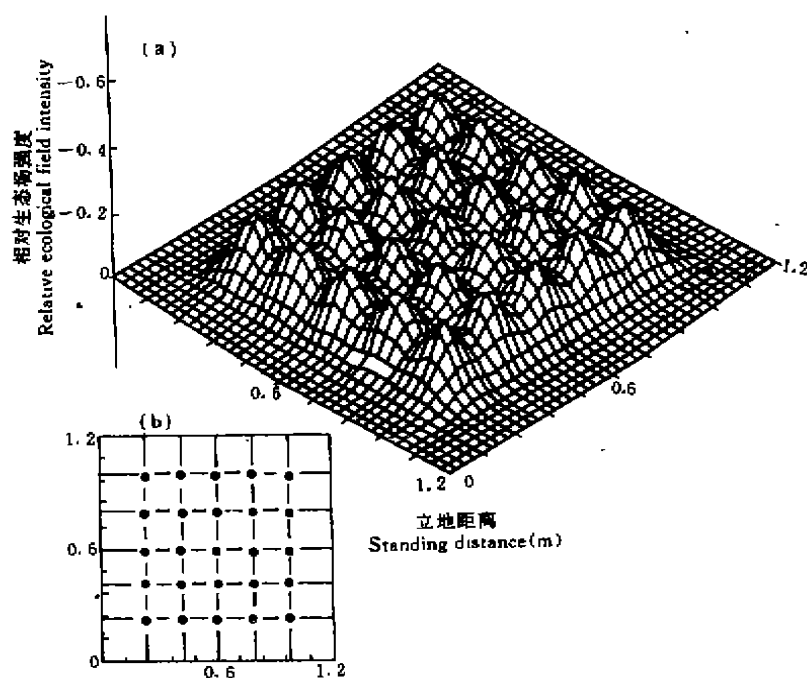


图 1 25 株均匀分布的三叶期春小麦群体的生态场

a. 生态场强度的空间分布图, b. 植株分布示意图, 株距与行距均为 0.2m, $h_c = h_r = 0.1\text{m}$.

Fig. 1 Distribution of ecological field in spring wheat colony of 25 well-distributed plants at trileaf stage

a. Spatial distribution of the ecological field intensity, b. The diagram of the plant distributed in the colony. The spacing among the rows and plants are 0.2m, $h_c = h_r = 0.1\text{m}$.

根据(1)式可求得群体内每个植株的生态场的空间分布动态, 对群体内的各个植株采用统一的平面直角坐标定位 (x_i, y_i) , 则一个具有 n 株植物的群体的生态场可表示为:

$$E_n = \sum_{i=1}^n \left\{ \alpha_l E_{l0} \left[1 + \left(\frac{\sqrt{x_i^2 + y_i^2}}{h_c} \right)^2 \right]^{-\frac{3}{2}} + (\alpha_n E_{n0} + \alpha_w E_{w0}) \left[1 + \left(\frac{\sqrt{x_i^2 + y_i^2}}{h_r} \right)^2 \right]^{-\frac{3}{2}} + (\alpha_c E_{c0} + \alpha_h E_{h0}) \left[1 + \left(\frac{\sqrt{x_i^2 + y_i^2}}{h_c} \right)^2 \right]^{-\frac{1}{2}} \right\} \quad (2)$$

这里角码 i 指第 i 株植物, 其它符号的含义同(1)式。用 M-340 型计算机分析数据并绘制群体

生态场的空间分布图。

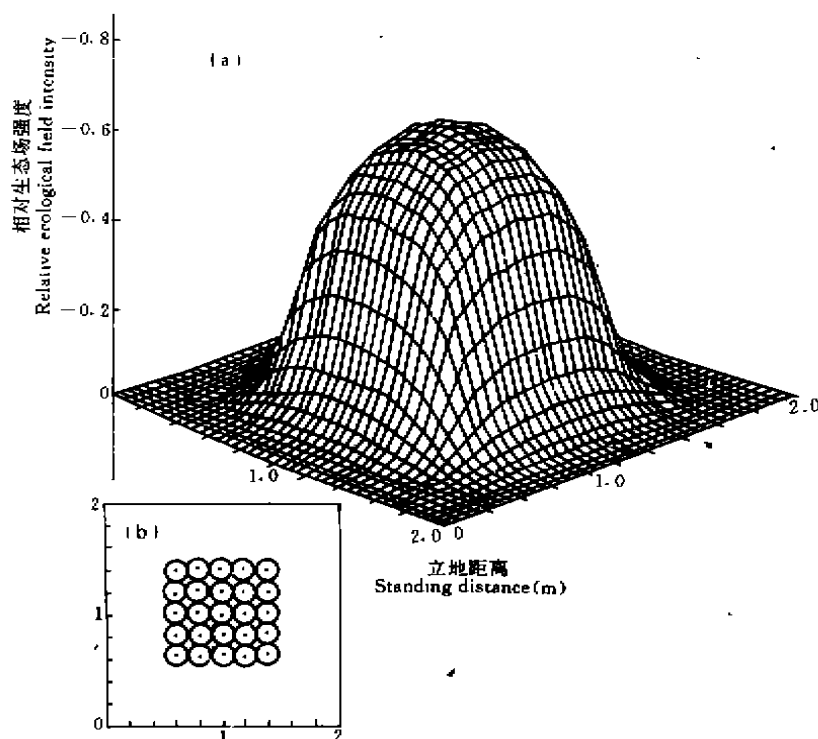


图 2 25 株均匀分布的春小麦群体(拔节期)的生态场分布

a. 生态场强度的空间分布图; b. 植株分布示意图, 株距、行距和冠幅半径均为 0.2m。

Fig. 2 Distribution of ecological field in spring wheat colony of 25 well-distributed plants at jointing stage
a. Spatial distribution of the ecological field intensity; b. The diagram of the plant distributed in the colony. The spacing among the rows and plants are $0.2m$; $h_c = h_r = 0.2m$.

2 结果和讨论

2.1 相同密度不同个体大小的群体之生态场

图 1 和图 2 给出了 25 株均匀分布的春小麦群体的生态场, 其株距和行距均为 0.2m, 所不同的是图 1 的个体(三叶期)冠幅直径约为株距的一半, 而图 2 的个体(拔节期)之间已经封行。在三叶期春小麦群体处于半闭合状态(图 1b), 各植株的生态场呈相对独立的小凸峰, 峰顶与各株的立地点吻合, 各峰之间有明显的低谷(图 1a), 彼此间的相互作用强度较弱; 随着植株的生长发育, 在拔节期植株之间已没有明显的空隙(图 2b), 群体的生态场则基本上连成一片(图 2a), 形成一个大凸峰, 在这个大凸峰上可看出各个植株立地点处有一个小峰顶, 群体中央的场强最高, 边行的小峰顶较低, 随着离群体边缘距离的增加, 场强迅速降低。整个闭合群体的生态场向周围的变化趋势与个体生态场^[2]类似, 群体内个体间的相互作用强度随盖度的增加而加大。

2.2 相同个体大小不同立地距离的群体之生态场

在植株个体大小和发育时期(拔节期)与图 2 相同的条件下,行距加大一倍的群体的生态场强度的空间分布如图 3 所示,群体的生态场形成每行基本连续、中间较高的峰,峰脊与行内植株的连线对应,而在行间形成低谷(图 4)。如果将株距也加大一倍,即在样方内呈均匀分布的 9 株麦苗,群体的生态场呈以每株立地点为峰顶的 9 个相对独立的峰。仔细分析仍可见到中间的峰顶最高,这是由中间的植株的生态场与四周的生态场叠加形成的,而边行植株的生态场与其它个体生态场的叠加程度则远低于中央部分。以上结果说明,群体密度越大,则群体内各个体的生态场的重叠程度越大(比较图 2 和图 3),群体内生态场的强度分布与其密度相对应(比较图 3 和图 4)。

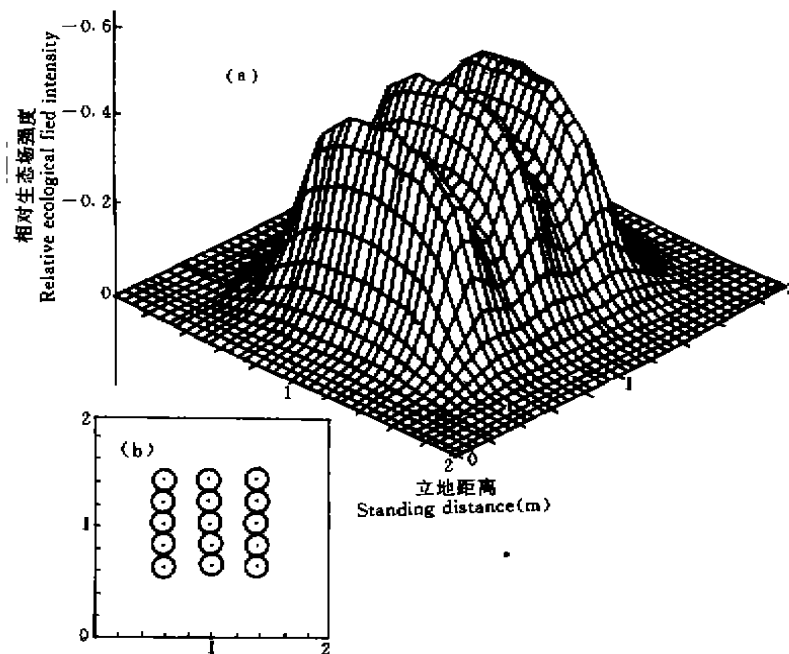


图 3 3 行拔节期春小麦群体的生态场分布图

a. 生态场强度的空间分布图; b. 植株分布示意图, 株距: 0.2m, 行距: 0.4m。

Fig. 3 Distribution of ecological field in spring wheat colony of three rows at jointing stage

a. Spatial distribution of the ecological field intensity;

b. The diagram of the plant distributed in the colony. Row spacing: 0.4m; Spacing in the row: 0.2m.

2.3 边行效应与群体生长发育过程中生态场强度的变化

从样地边行向群体内部作生态场强度的截面图(图 5a)并测定相应行植株的平均生物量(图 5b), 可见在三叶期, 植株个体较小, 行间生态场的相互作用较弱, 各行间的生态场强度基本相等; 随着小麦的生长发育, 个体不断长大, 到拔节期, 行间个体的生态场间的相互作用程度加大, 由于边行只有一侧与其它行的生态场重叠, 所以边行场强的峰较低, 越向群体内部麦行

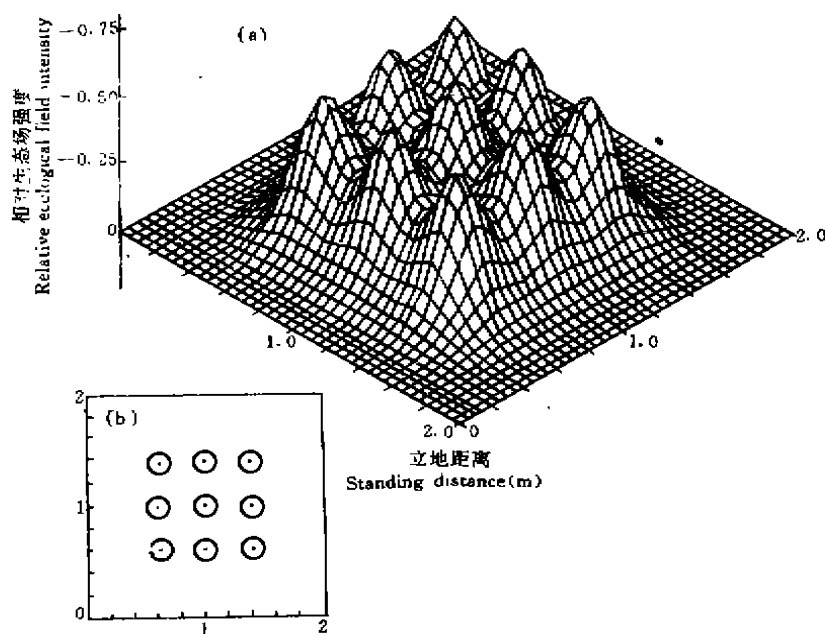


图4 9株均匀分布的拔节期春小麦群体的生态场分布

a. 生态场强度的空间分布; b. 植株分布, 株距与行距均为 0.4m。

Fig. 4 Distribution of ecological field in spring wheat colony of nine plants at jointing stage

a. Spatial distribution of the ecological field intensity;

b. The diagram of the plant distributed in the colony. The spacing among the rows and plants, 0.4m.

的场强峰越高。由于生态场在近距离对同生态位的其它个体的抑制效应⁽²⁾, 所以边行植株受到的抑制效应较弱, 个体平均生物量较群体内高; 随着个体继续长大, 边行效应越来越明显, 在灌浆期边行的个体生物量显著高于群体内部个体的生物量, 边行本身的生态场强度由于其生命活动强度的加大而升高^(1,2), 从而使此发育时期群体各行的总生态强度又趋于一致(图5)。

不论是由于群体内个体的长大(图1, 图2, 图5), 还是由于个体密度的增加(图2, 图3, 图4), 都会造成群体内密闭程度的增加并使个体间生态场的相互作用强度加大, 由于个体生态场在近距离处的抑制效应⁽²⁾主要是通过减少可利用的资源^(3,4), 所以生态场之间的相互作用可防止群体过密造成资源短缺。因为每个植株的生态场基本上呈对称分布^(2,4), 位于边缘的植株受到的抑制作用较小(图2, 图5a), 群体边行植株的生长速度高于群体内部的植株而表现出明显的边行效应。

春小麦群体生态场的空间分布(图1—图5)显示在群体范围内相对生态场强度均为负值, 这表示每株植物受邻体的总生态效应为干扰或抑制效应, 在近距离范围内与邻体效应的研究结果^(7,8)基本一致。但即使在群体之内, 在生态效应转变点^(2,3)之外的邻体对基株的效应仍表现

为互惠效应,只是这些较远邻体的互惠效应不足以抵消较近邻体的抑制效应而已。之所以出现生态效应性质的转变点⁽²⁾,是因为组成生态场的各生态因子场有抑制效应(αE_0 为负值)和互惠效应(αE_0 为正值)之分⁽³⁾。这与邻体效应研究的单一干扰势概念有本质区别。在群体之外离边行立地点约 6—8 个相对立地距离 $\left(\frac{\sqrt{x^2+y^2}}{h}\right)$ 处,总生态场强度约为零(抑制效

应与互惠效应基本相等),由于具互惠效应的因子场随距离增加而下降的速度较具抑制效应的因子场慢⁽³⁾,在此距离之外,群体的场强也同个

体生态场⁽²⁾类似表现微弱的互惠效应(由于本文的立体图不易局部放大显示此互惠效应,请参见文献 2、图 6)。由于群体中各个体的累加效应(公式(2)),整个群落或一片森林对环境⁽³⁾的有利影响是巨大的。生态场的抑近助远特征⁽¹⁻²⁾使植物的微观和宏观生态效应得到了和谐统一,

而不象邻体干扰度量公式⁽⁹⁾那样不能扩展到大范围内(因将 $I = \sum_{i=1}^n S_i d_i^{-2}$ 扩大范围后会导出现有植物越多,在另一裸地或宜林地造林、在农田种植越困难的违背常识的结论)。生态场理论⁽³⁾和植物生态场的分布规律⁽²⁾合理地解释了林带助地与促进农业增产这一传统种群生态学方法⁽⁷⁻⁸⁾无法解决的矛盾。

— $\frac{3}{2}$ 自疏法则是植物生态场分布规律在高密度条件下的特例^(2,3),相对密度较高的群体中部的生态场强度显著高于边行(图 2.5)的分布特征显示在均匀分布的群体中如果发生自疏似应由中心部位首先出现。

有关生态场的研究工作主要集中在结构比较单纯的干旱或半干旱植物群落^(4,6)方面,在动物⁽¹⁰⁾和微生物⁽¹¹⁾方面只有少量研究,有关动物生态场的关键参数和特征函数还没有系统建立起来。这种不平衡的发展状况限制了生态场的理论和方法在生态系统研究中的应用。在加强湿润和半湿润地区植物生态场研究的同时,需要更多的研究者开展动物和微生物生态场的研究。

参 考 文 献

- 1 王根轩,探索生物间相互作用规律的生态场理论,大自然探索,1992,11(3):52—56
- 2 王根轩,赵松岭,半干旱生态条件下植物个体的综合生态效应的空间距离分布规律,生态学报,1993,13(1):58—66
- 3 王根轩,生态场论,郑州:河南科技出版社,1993
- 4 Wu Hsin-I, Sharp P J H, Walker J and Penridge L K, Ecological field theory: A spatial analysis of resource interference among plants, *Ecological Modelling*, 1985, 29: 215—243
- 5 Walker J, Sharp P J H, Penridge L K and Wu H, Ecological field theory: the concept and field tests, *Vegetation*, 1989, 83: 81—95
- 6 Walker J, Dowling T L, A non-stochastic, physiologically-based model of plant invasion using ecological field theory, *Plant Protection Quarterly*, 1991, 6(1): 10—13
- 7 Kays S and Harper J L, The regulation of plant and tiller density in the grass sward, *J. Ecol.*, 1974, 62: 97—105
- 8 Weiner J, A neighborhood model of annual plant interference, *Ecology*, 1982, 63: 1237—1241

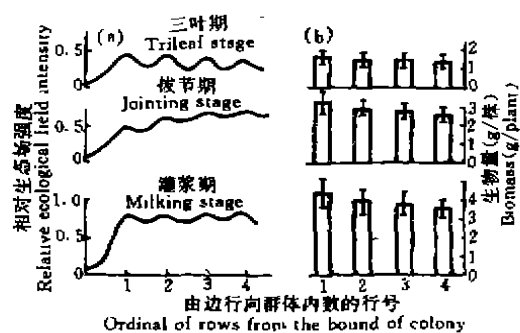


图 5 不同发育时期春小麦的生态场强度和生物量

Fig. 5 The ecological field intensity and biomass of spring wheat in different stages

- 9 Weiner J. Neighborhood interference amongst *Pinus rigida* individuals *J. of Ecology*, 1984, 72: 183—197
- 10 Pretorius S J. Freshwater mollusc studies: A personal experience, *J. of the Limnological society of Southern Africa*, 1989, 14(1): 24—28
- 11 El-harith A, Slappendal R J, Reiter J, Van-Knapen F, De-Korte P, Huigen E, Kolk A H J Application of a direct agglutination test for detection of specific anti leishmania antibodies in the canine reservoir. *J. of Clinical Microbiology*, 1989, 27(10): 2252—2257

THE SPATIAL DISTRIBUTION OF THE ECOLOGICAL FIELD IN SPRING WHEAT COLONY UNDER SEMI-ARID ECOLOGICAL CONDITIONS

Wang Genxuan

(Department of Biology, Henan University, 475001)

Zhao Songling

(Arid Ecological Laboratory, Lanzhou University, 730000)

The distribution of the ecological field in the spring wheat colonies was revealed by analyzing the synthetical ecological effect of individuals under semi-arid ecological conditions. The ecological field figure shows same small convex peaks which coincide with individuals when crown diameter of wheat is half of the spacing in the rows at the trileaf stage. The ecological field figure assumes a large convex peak with slight rise and fall at the jointing stage. A deep valley in field intensity would appear between the rows if the row spacing was doubled. The same valley would appear among individuals if the spacing in individual plants was also doubled. As a rule, the trend of spatial distribution depends on the relative density of the colony. The field intensity of the marginal rows has been increased to the level of the inside rows because of the marginal effect, so that the field intensity of the whole colony appears a large convex with an approximate flat top.

Key words: ecological field, spring wheat, marginal effect, semi-arid.