

# 冬小麦返青期地下害虫危害空间分布型及其抽样技术

李 平

(武威市农业技术推广中心, 甘肃 武威 733000)

**摘要:** 采用空间分布型检验、聚集强度指标检验和线性回归方法研究了冬小麦返青期枯心苗空间分布规律及其抽样方法。结果表明, 冬小麦返青期枯心苗空间分布(即地下害虫危害空间分布)呈聚集分布, 聚集程度受种植环境影响较大。建立了冬小麦早春枯心苗最适抽样模型及序贯抽样模型。

**关键词:** 冬小麦; 地下害虫; 空间分布型; 理论抽样模型; 序贯抽样模型

**中图分类号:** S435.122 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2021)07-0009-05

**doi:** 10.3969/j.issn.1001-1463.2021.07.003

## Spatial Distribution and Sampling Technology of Underground Pest Damages in Winter Wheat During Period of Returning to Green

LI Ping

(Wuwei Agriculture and Technology Extension Center, Wuwei Gansu 733000, China)

**Abstract:** The spatial distribution and sampling of the withered wheat seedling in the period of returning to green was studied by using the spatial distribution test, the aggregation intensity index test and the linear regression methods. The results showed that the spatial distribution of the dead wheat seedlings (or the underground pest damages) was clustered. The degree of aggregation was greatly affected by the planting environment. The theoretical sampling model of early winter wheat dead seedlings and its sequential sampling model were established.

**Key words:** Winter wheat; Underground pests; Spatial distribution; Theoretical sampling model; Sequential sampling model

小麦是世界上播种面积最大、分布最广泛的粮食作物, 也是甘肃省第一大粮食作

收稿日期: 2021-03-12

作者简介: 李平(1983—), 男, 陕西西安人, 农艺师, 主要从事植物保护研究和推广工作。联系电话: (0)13884093137。Email: 274620558@qq.com。

[3] 孙建好, 李伟琦, 赵建华. 高台县小麦及玉米施肥现状调查与评价[J]. 甘肃农业科技, 2019(6): 51-56.

[4] 李旭, 杜晓明, 洛俊峰, 等. 基于“3414”试验设计的玉米氮、磷、钾效应研究[J]. 吉林农业, 2019(2): 62-63.

[5] 潘进红, 王艳群, 刘建平. 基于“3414+1”模

型的春玉米产量效应及推荐施肥量研究[J]. 河北北方学院学报, 2015(6): 24-29.

[6] 胡建军, 张月琴, 温学飞, 等. 基于“3414”模型研究宁夏盐池县玉米氮磷钾施肥效应[J]. 水土保持研究, 2011(8): 268-272.

(本文责编: 陈 珩)

物。甘肃从东到西均有小麦种植,尤其是冬小麦年种植面积较大,约占全省小麦播种面积的 $2/3$  [1-2]。河西灌区是甘肃省冬小麦主要生产区域之一,冬小麦播种面积占全省的30%以上,冬小麦也是河西地区的传统产业和主栽作物种类之一 [3-4]。近年来,河西冬小麦生产正在向优质、特色、规模化、精深加工和产业现代化方向发展,部分市县冬小麦产业已经在当地农村经济发展和乡村振兴建设中起到了举足轻重的作用。然而,随着我国城镇化的推进,耕地面积数量限制,资源环境约束加剧,国际粮食供求平衡形势日趋严峻,粮食生产和粮食安全已经被摆到了极端重要的地位。因此,保障河西冬小麦生产安全对全省乃至全国粮食安全都具有十分重要的意义。调查发现,早春地下害虫危害是制约河西冬小麦生产安全的早期重要因素之一。目前关于河西地区冬小麦早春地下害虫危害空间分布规律及其预测预报的研究鲜有报道 [5-7]。笔者在武威市凉州区研究了冬小麦返青期地下害虫危害空间分布型及其抽样方法,旨在为河西地区冬小麦地下害虫的科学防治和预测预报提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 调查地点和方法

调查地点位于武威市凉州区高坝镇六坝村,当地平均海拔 1 649 m, 年均降水 161 mm。土壤类型薄层灌漠土,耕层土壤有机质含量 14.3 g/kg。指示冬小麦品种为宁冬 6 号,播种量 450 ~ 525 kg/hm<sup>2</sup>。2021 年 3 月 10—11 日选择冬小麦返青期随机调查了 6 块田,用枯心苗数量反映田间总体地下害虫危害空间分布,每块田面积 667 ~ 900 m<sup>2</sup>。每块田即 1 个样本田块,每个样本田块均按棋盘式横向选择 5 个点,纵向选择 10 个点,

每个点为 1 个样方,样方面积 0.25 m<sup>2</sup>。每个样田调查 50 个样方,统计每样方枯心苗数量,制作  $\chi^2$  频次表。

### 1.2 空间分布型检验

1.2.1 聚集度指标检验 采用扩散系数  $C$ 、Cassie 指标  $C_A$ 、Lloyd 聚集指标  $M^*\bar{x}$ 、David & Moore 丛生指数  $I$  以及聚集均数  $\lambda$  检验空间分布型。

1.2.2 线性回归检验 以平均拥挤度  $M^*$  与平均密度值做 Iwao 回归  $M^*=\alpha+\beta\bar{x}$ 。 $\alpha$  为基本扩散指数, $\beta$  为密度扩散系数。当  $\alpha>0$ ,个体间相互吸引,分布的基本成分是个体群;当  $\alpha=0$ ,分布的基本成分是单个个体;当  $\alpha<0$ ,个体间相互排斥。当  $\beta=1$  时,随机分布;当  $\beta<1$  时,均匀分布;当  $\beta>1$  时,聚集分布。以方差  $S^2$  与平均密度取对数值后做 Taylor 回归  $\lg(S^2)=\lg a+b\lg(\bar{x})$ 。当  $b=1$  时,空间分布为随机分布;当  $b>1$  时,空间分布为聚集分布;当  $b$  趋近于 0 时,空间分布为均匀分布。

### 1.3 理论抽样模型和序贯抽样模型

Iwao 理论抽样模型  $n=t^2/D^2[(\alpha+1)/\beta-1]$ ,  $n$  为最适抽样数或理论抽样数,为平均密度, $D$  为允许误差, $t$  为置信度分布值, $\alpha$ 、 $\beta$  同 Iwao 回归模型参数。

Iwao 序贯抽样模型  $T_{(1,2)}=nm_0 \pm t\sqrt{n[(\alpha+1)m_0+(\beta-1)m_0^2]}$ ,加号计算可得枯心苗密度上限值  $T_1$ ,减号计算可得枯心苗密度下限值  $T_2$ 。 $n$  即抽样数, $m_0$  为防治指标, $t$  为置信度分布值,一般取 95% 置信区间即  $t=1.96$ ; $\alpha$ 、 $\beta$  同 Iwao 理论抽样模型参数。田间调查时,若累计查得枯心苗数量大于上限值  $T_1$ ,表明地下害虫发生量高于防治指标,需防治;若累计查得枯心苗数量低于下限值  $T_2$ ,表明地下害虫发生量低于防治指

标, 不需防治; 若累计查得枯心苗数量处于上下限值之间, 应继续取样调查。

最大抽样数模型  $N_{max}=t^2/ \{d^2[(\alpha+1)m_0+(\beta-1)m_0^2]\}$ ,  $d$  即允许误差  $D$ ,  $m_0$ 、 $t$ 、 $\alpha$ 、 $\beta$  同 Iwao 序贯抽样模型参数<sup>[8-10]</sup>。当田间调查到最大抽样数时, 若累计查得枯心苗数量仍在上下限之间, 则根据该点最靠近的边界限值判断是否需要防治。

采用 Excel 2003 和 DPS17.10 软件处理试验数据。

## 2 结果与分析

### 2.1 理论分布型检验

从表 1 可知, 1、6 号田  $\chi^2$  值均小于该自由度下负二项分布  $P_{0.05}$  时的  $\chi^2$  值, 表示 1、6 号田枯心苗实际分布与负二项分布模型显著相符。2~5 号田  $\chi^2$  值均小于该自由度下 P-E 分布  $P_{0.05}$  时的  $\chi^2$  值, 表示 2~5 号田枯心苗实际分布与 P-E 分布模型显著相符。其中 2、4 号田  $\chi^2$  值均小于该自由度下泊松分布  $P_{0.05}$  时的  $\chi^2$  值, 表示 2、4 号田枯心苗实际分布也与泊松分布模型显著相符, 3 号田  $\chi^2$  值也小于该自由度下奈曼分布、负

二项分布  $P_{0.05}$  时的  $\chi^2$  值, 表示 3 号田枯心苗实际分布也与奈曼分布、负二项分布模型显著相符; 反之, 上述各田  $\chi^2$  值大于该自由度下相应模型  $\chi^2_{0.05}$  值, 则表示该田枯心苗实际分布与相应模型显著不符。奈曼分布、P-E 分布和负二项分布均为聚集分布, 因此可得出 1~6 号田枯心苗空间分布(或地下害虫危害空间分布)均显著呈聚集分布。

### 2.2 空间分布指标检验

由表 2 可见, 1~6 号田的扩散系数  $C > 1$ 、Lloyd 聚集指标  $M^*/\bar{x} > 1$ 、Cassie 指数  $C_A > 0$ 、David & Moore 丛生指数  $I > 0$ , 表示 1~6 号田枯心苗空间分布(或地下害虫危害空间分布)呈聚集分布; 上述样田聚集均数  $\lambda < 2$ , 表示冬小麦返青期枯心苗田间聚集是受环境因素决定。聚集均数  $\lambda$  和平均密度回归模型为  $\lambda = 0.937 2 - 0.144 R^2 = 0.896 4$ ,  $F = 34.6 > F_{0.01}$ , 表示枯心苗聚集程度(或地下害虫危害聚集程度)与平均密度极显著正相关。

### 2.3 线性回归检验

#### 2.3.1 Iwao 回归 平均拥挤度 $M^*$ 和平均密

表 1 枯心苗理论分布型检验<sup>①</sup>

样本田号	调查样方/个	$\bar{x}$	$S^2$	$\chi^2$ 值											
				泊松分布	适合度	奈曼分布	适合度	P-E 分布	适合度	负二项分布	适合度				
1	50	1.120 0	1.360 0	11.11	$> \chi^2_{0.05}$	不适合	13.23	$> \chi^2_{0.05}$	不适合	9.50	$> \chi^2_{0.05}$	不适合	2.52	$< \chi^2_{0.05}$	适合
2	50	0.640 0	0.656 7	3.40	$< \chi^2_{0.05}$	适合	7.04	$> \chi^2_{0.05}$	不适合	3.28	$< \chi^2_{0.05}$	适合	(-)	(-)	(-)
3	50	0.760 0	1.273 3	8.11	$> \chi^2_{0.05}$	不适合	2.05	$< \chi^2_{0.05}$	适合	2.00	$< \chi^2_{0.05}$	适合	2.34	$< \chi^2_{0.05}$	适合
4	50	0.600 0	0.666 7	0.70	$< \chi^2_{0.05}$	适合	(-)	(-)	(-)	2.36	$< \chi^2_{0.05}$	适合	(-)	(-)	(-)
5	50	0.280 0	0.293 3	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	0.56	$< \chi^2_{0.05}$	适合	(-)	(-)	(-)
6	50	0.160 0	0.223 3	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	0.75	$< \chi^2_{0.05}$	适合

①表中(-)表示数据不支持, 不能用此方法分析。

度的值回归模型显著, 方程式为  $M^*=0.204 1+1.069$ ,  $R^2=0.685 6$ ,  $F=8.7>F_{0.05}$ 。式中基本扩散指数  $\alpha=0.204 1>0$ , 表示枯心苗个体间相互吸引, 分布的基本成分是个体群; 密度扩散系数  $\beta=1.06 9>1$ , 表示枯心苗的空间分布型呈聚集分布。

2.3.2 Taylor 回归 方差  $S^2$  和平均密度的对数值的回归模型极显著, 方程式为  $\lg(S^2)=0.088 9+1.001 7 \lg(\bar{x})$ ,  $R^2=0.934 2$ ,  $F=29.9>F_{0.01}$ 。式中  $b=1.001 7>1$ , 表示枯心苗发生分布呈聚集分布。

#### 2.4 理论抽样模型与序贯抽样模型

根据 Iwao 回归模型和 Iwao 理论抽样模型, 一般取 95%置信度(即  $t=1.96$ ), 可得出冬小麦田早期枯心苗最适抽样模型  $n=3.841 6/D^2$  ( $1.204 1/+0.069$ )。一般允许误差  $D$  可取 0.1、0.2 和 0.3, 可得出相应枯心苗密度(例如平均密度 =1、2、3、4、5、6、7、8、9、10 株 /0.25 m<sup>2</sup>)的最适抽样数(表 3)。若密度相同, 则抽样数量随着允许误差增大

而减少; 若允许误差相同, 则抽样数量随密度增加而减少。

根据 Iwao 序贯抽样模型, 若选择枯心苗防治指标为 4 株 /0.25 m<sup>2</sup>, 即  $m_0=4$ ; 取 95%置信区间即  $t=1.96$ , 可得出其序贯抽样方程  $T_{(1, 2)}=4n \pm 4.713$ 。例如取调查样方数  $n=10、20、30、40、50、60、70、80、90、100$  时, 可得到相应枯心苗数量的序贯抽样表(表 4)。在田间调查中, 若累计查得枯心苗数量大于表中上限值  $T_1$ , 即地下害虫风险高于防治指标, 需要开展防治; 若累计查得枯心苗数量小于表中下限值  $T_2$ , 即地下害虫风险低于防治指标, 不需防治; 若累计查得枯心苗数量处于  $T_1$  和  $T_2$  之间, 仍需继续取样调查。

根据最大抽样模型, 取 95%置信度即  $t=1.96$ , 一般允许误差  $d$  可取 0.1、0.2 或 0.3。例如  $d=0.1$  时, 可得出  $N_{\max} \approx 2 274$ , 即在防治指标  $4 \pm 0.1$  株 /0.25 m<sup>2</sup> 时田间调查的最大抽样数是 2 274 个;  $d=0.2$  时, 可得出

表 2 枯心苗聚集度指标检验

样本田号	$\bar{x}$	$S^2$	$M^*$	$C$	$C_A$	$M^*/m$	$I$	$\lambda$	空间分布
1	1.120 0	1.360 0	1.334 3	1.214 3	0.191 3	1.191 3	0.214 3	0.947 1	聚集分布
2	0.640 0	0.656 7	0.666 0	1.026 0	0.040 7	1.040 7	0.026 0	0.382 0	聚集分布
3	0.760 0	1.273 3	1.435 4	1.675 4	0.888 7	1.888 7	0.675 4	0.468 1	聚集分布
4	0.600 0	0.666 7	0.711 1	1.111 1	0.185 2	1.185 2	0.111 1	0.574 4	聚集分布
5	0.280 0	0.293 3	0.327 6	1.047 6	0.170 1	1.170 1	0.047 6	0.010 8	聚集分布
6	0.160 0	0.223 3	0.555 8	1.395 8	2.474 0	3.474 0	0.395 8	0.090 1	聚集分布

表 3 枯心苗理论抽样数

允许误差 (D)	平均密度/(株/0.25 m <sup>2</sup> )									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0.1	489	258	181	142	119	104	93	84	78	73
0.2	122	64	45	36	30	26	23	21	19	18
0.3	54	29	20	16	13	12	10	9	9	8

表4 枯心苗序贯抽样表

抽样数 $n$	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
上限 $T_1$	55	101	146	190	233	277	319	362	405	447
下限 $T_2$	25	59	94	130	167	203	241	278	315	353

$N_{\max} \approx 569$ , 即在防治指标  $4 \pm 0.2$  株 /0.25 m<sup>2</sup> 时田间调查的最大抽样数是 569 个;  $d=0.3$  时, 可得出  $N_{\max}=253$ , 即在防治指标  $4 \pm 0.3$  株 /0.25 m<sup>2</sup> 时田间调查的最大抽样数是 253 个。实际应用中, 在一定允许误差内调查到最大抽样数时, 若累计查得枯心苗数量仍在  $T_1$  和  $T_2$  之间, 则根据该数值最靠近的边界限值来决定是否开展防治。

### 3 结论与讨论

田间调查和相关检验表明, 甘肃金武地区冬小麦返青期枯心苗空间分布(或地下害虫危害空间分布)型呈聚集分布的结论, 该结论与大麦田地下害虫危害空间分布规律一致<sup>[11-13]</sup>。冬小麦早春枯心苗田间聚集分布(或地下害虫危害空间分布)受种植环境的影响较大, 且聚集程度与密度极显著正相关。建立了冬小麦返青期枯心苗最适抽样模型  $n=3.8416/D^2(1.204 \sqrt{\bar{x}}+0.069)$  和序贯抽样模型  $T_{(1, 2)}=4n \pm 4.723\sqrt{n}$ 。

本研究建立的序贯抽样方法可供河西地区冬小麦种植大户或基层专业化统防统治组织参考。在实际应用中, 可根据序贯抽样表适时组织和开展冬小麦枯心苗调查, 决定是否开展冬小麦田地下害虫防治。

### 参考文献:

- [1] 杨长刚, 杨文雄, 王世红. 甘肃省小麦产业发展对策[J]. 中国种业, 2017(11): 1-5.  
[2] 李贵喜, 白灵军. 甘肃陇东冬小麦安全生产现状及对策[J]. 甘肃农业科技, 2017(4):

68-72.

- [3] 倪胜利, 李兴茂. 冬小麦新品种陇鉴 110 选育报告[J]. 甘肃农业科技, 2020(4): 11-14.  
[4] 马小丽. 小麦地下害虫的识别与防治[J]. 河南农业, 2014(3): 38.  
[5] 张 菁. 彬县小麦地下害虫为害特点及其综合防控措施[J]. 陕西农业科学, 2015, 61(5): 70-71.  
[6] 杨荣明. 小麦地下害虫发生特点及防治方法[J]. 农家致富, 2015(6): 34-35.  
[7] 刘效华, 刘建华, 虎梦霞. 甘肃河西地区冬小麦光合生产潜力分析[J]. 甘肃农业科技, 2010(9): 9-12.  
[8] 李 平, 戴 伟. 藜科杂草在洋葱育苗田的空间分布型及其抽样技术[J]. 甘肃农业科技, 2021, 52(4): 49-52.  
[9] 李 平. 洋葱根腐病在育苗初期的空间分布型及抽样技术[J]. 甘肃农业科技, 2021, 52(5): 26-29.  
[10] 李 平, 戴 伟. 潜叶蝇幼虫在二月兰的田间空间分布型及其抽样[J]. 甘肃农业科技, 2021, 52(5): 53-57  
[11] 刘凡杰, 张清旺, 王恩明. 冬小麦主要地下害虫分布特点与防治方法[J]. 河北农业科技, 2008, 9(17): 26.  
[12] 李耀发, 党志红, 安静杰, 等. 河北省主要作物田地下害虫种类及其分布[J]. 中国农学通报, 2018, 34(28): 114-119.  
[13] 王文娟, 唐小琴, 孟长军. 裸大麦田蛴螬的空间分布型及抽样技术研究[J]. 江苏农业科学, 2012, 40(8): 105-107.

(本文责编: 杨 杰)