

高寒草甸土壤昆虫的数量 与生物量及其影响因素

吴 亚* 金翠霞*

(中国科学院西北高原生物研究所)

昆虫数量变动包括“数”和“量”两方面,“数”即密度,人们早已惯用;“量”即生物量和能量,尚很少应用。因为相同数目的个体不一定具有相同的生物量或能量,所以从群落的食物链索关系或生态系统的能量流来看,单纯的个体数不足以表示所起的作用。因此,如何从“数”的概念过渡到“量”的概念,从更切实的基础上了解这种动态的实质是非常重要的。本文仅就土壤昆虫的数量与生物量作一初步探讨,以便结合其它有关研究最终阐明草甸生态系统的结构和功能,从而把草甸的生产和管理建立在合理的基础之上。

一、工 作 方 法

利用已围建的草库仑和试种优良牧草的条件,按照牧草生长季节开展工作。取样方法同过去一样。昆虫类群计有:鞘翅目成虫、鞘翅目幼虫、双翅目幼虫、鳞翅目幼虫、膜翅目成虫、弹尾目、蛛形纲和线虫。在统计数量后,再着手称重。生物量以干重计。样本放在62℃烤箱中烘烤24小时,在感量为万分之一克的分析天平上一一称重,之后再行烘烤称重,直至恒重为止。

二、结 果 和 分 析

1. 土壤昆虫群落的数量与生物量

1) 一般的比较分析 根据不同时期土壤昆虫调查统计和称重的结果(见表1和2),其数量和生物量在三个牧草季相的情形如表1。

表1 不同时期土壤昆虫的数量和生物量*

	数 量		生 物 量 (毫克)		取 样 数
	总 个 体 数	平 均 每 样	总 重	平 均 个 体 重	
牧草返青期	1,960	56.00	18,040.0	9.20	35
牧草茂盛期	1,348	38.51	12,672.8	9.40	35
牧草枯黄期	976	21.69	12,926.4	13.24	45
合 计	4,284	37.25	43,639.2	10.19	115

* 包括少数其它无脊椎动物

* 作者目前工作单位: 江苏省农科院植保所。

据当地实测的土壤温度(图1),在牧草返青期(6月),草甸开始转暖,但仍偶有冰冻和降雪,许多在土壤内越冬的昆虫处于苏醒阶段,很少爬出地面活动,因而其数量与生物量皆较高,在茂盛期(7月中的至8月上旬),由于土温升高,许多土内越冬成虫爬出土壤活动,有些以蛹越冬者也逐渐羽化为成虫,故土壤内昆虫的数量与生物量大为减少。至枯黄

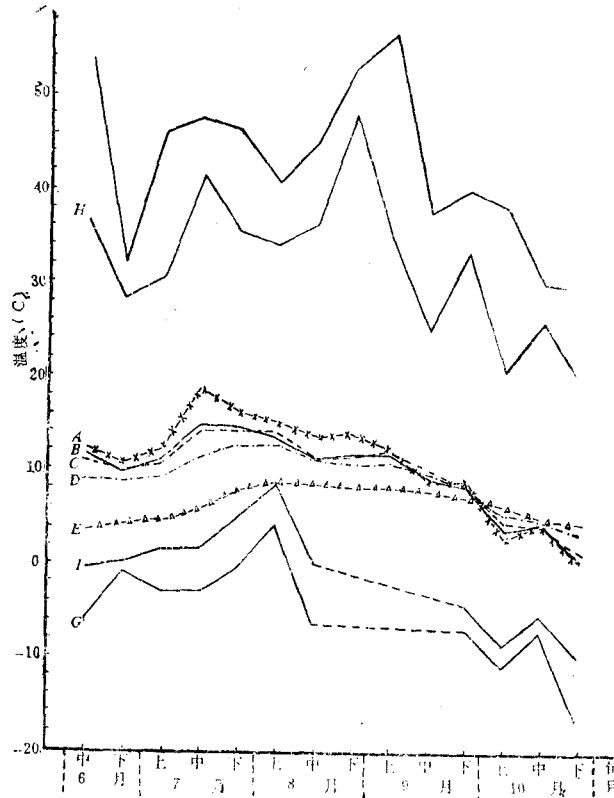


图1 1977年土壤温度(虚线系记录) A. 0厘米平均温度; B. 5厘米平均温度; C. 10厘米平均温度; D. 30厘米平均温度; E. 80厘米平均温度; F. 0厘米绝对最高温度; G. 0厘米绝对最低温度; H. 0厘米平均最高温度; I. 0厘米平均最低温度。

期(9月中、下旬),正处于大多数昆虫越冬前期,有些以卵越冬的成虫已经死亡,故所能看到的昆虫虽然减少,但准备越冬的成、幼虫在体内都储存了较多的营养物质,因而具有较大的个体生物量。

如果分别统计各个昆虫类群的数量与生物量(表2),可见各个时期皆以鞘翅目幼虫为

表2 不同时间各类昆虫的平均个体数及生物量

		鞘翅目成虫	鞘翅目幼虫	双翅目幼虫	鳞翅目幼虫	膜翅目幼虫	弹尾目
平均个体数(头/米 ²)	牧草返青期	4.00	34.97	2.29	7.77	3.09	0.00
	牧草茂盛期	4.46	20.23	0.34	0.46	0.23	11.09
	牧草枯黄期	2.22	16.18	1.96	0.27	0.18	0.00
平均生物量(毫克/米 ²)	牧草返青期	44.64	408.27	14.67	38.42	5.47	0.00
	牧草茂盛期	44.55	298.07	1.77	4.21	1.57	4.48
	牧草枯黄期	15.31	233.39	8.98	2.79	0.20	0.00

主, 这与以往的调查结果是一致的。从纵的方向看(从时间序列看), 当牧草由返青期向茂盛期发展时, 鞘翅目幼虫的数量和生物量呈下降趋势, 同一时期鞘翅目成虫数量先略有上升, 继而下降。从横的方向看(从不同类群看), 几乎各类昆虫皆以返青期数量最多, 生物量最高, 只有弹尾目例外, 我们只在牧草茂盛期发现它们, 鞘翅目幼虫随着季节的推移, 有部分羽化为成虫或成为捕食者的猎物, 故成虫在茂盛期略有增加, 但随着成虫和其它食虫动物的增加活动, 其爬出土壤进入地上活动的个体数和被取食的机会也相应增加, 故又呈现下降趋势。在返青期, 双翅目幼虫与鳞翅目幼虫分别相当于鞘翅目幼虫的 $\frac{1}{2.5}$ 和 $\frac{1}{5}$ 左右, 生物量则分别为 $\frac{1}{2.7}$ 和 $\frac{1}{11}$ 左右, 它们之间生物量的差异成倍地大于数量的差异, 充分表明土壤昆虫中鞘翅目幼虫具有更大的生物量。双翅目幼虫与鳞翅目幼虫的数量和生物量, 在不同时期也存在差异, 主要是由于两者开始活动在越冬的早晚, 以及个体重量不同所致。

2) 不同生境的方差分析 围建草库仑和建立人工草场, 地上植被和土壤状况都有变化, 为了解这些变化对土壤昆虫的影响, 选择了几个固定生境(个别例外), 在三个季相进行了定点调查和生物量测定, 并将所得结果进行方差分析, 各期间的显著组数和显著程度见表 3。

表 3 不同生境土壤昆虫数量与生物量方差分析总表

项 目	牧草季相	自 由 度		F 值	P 值	5%水准的显著组数
		f_1	f_2			
数 量	返 青 期	6	27	2.79	$0.01 < P < 0.05$	15
	茂 盛 期	7	28	2.79	$0.01 < P < 0.05$	6
	枯 黄 期	6	32	8.88	$P < 0.01$	15
生 物 量	返 青 期	7	27	2.68	$0.01 < P < 0.05$	9
	茂 盛 期	6	28	5.77	$P < 0.01$	7
	枯 黄 期	7	32	6.02	$P < 0.01$	7

从显著组数可以大概看出, 在返青期和枯黄期, 数量方面的显著组数远多于生物量之间的组数, 进一步分析不同生境之间数量与生物量的差异情况(见表 4 及表 4a、b、c), 可见各生境之间数量与生物量同时存在显著差异者, 在牧草返青期是 A 山阳坡分别与草库仑内人工草场(当年苗)、草库仑内人工草场(上年苗)、盘坡以及 A 山阴坡; 在牧草茂盛期是草库仑内天然草场分别与草库仑内人工草场(上年苗)、A 山阳坡; 在牧草枯黄期, A 山阳坡与其余各生境都有显著差异, 而其余各生境之间的生物量都不存在显著差异。由附表 1 可见, 山阳坡是土壤昆虫的聚集地之一, 尤以枯黄期, 昆虫开始越冬前更为明显, 加之山阳坡栖居者中, 有许多鳃角金龟成虫和幼虫等大型个体, 故其生物量特别高, 在牧草生长的各个季相皆如此, 在终年无夏季的高寒草甸, 充分反映了土壤昆虫的适应特征, 但从数量看来, 三个时期存在共同显著差异者只有草库仑内天然草场与草库仑内人工草场(上年苗), 而在当年播种的人工草场与草库仑内天然草场之间, 在稍后的牧草茂盛期和枯黄期也表现明显差异。这说明人为地翻耕播种, 开始时只能导致土壤昆虫小生境的改变, 并不显著影响其数量。但由于土壤结构、植物根系及水热条件的大改变, 许多土壤昆虫不适于新环境而死亡或迁走, 有些暴露于无掩蔽物的地表而被鸟类等啄食, 从而使以后的土壤昆虫显著减少, 从草库仑内天

表 4 不同生境土壤昆虫数量和生物量方差分析结果总表

	草库仑 外天然 草场	草库仑 外天然 草场 (原生 植被)	草库仑 内天然 草场	草库仑 内人工 草场 (当年 苗)	草库仑 内人工 草场 (上年 苗)	草库仑 内人工 草场 (上年 苗)	草库仑 内人工 草场 (上年 苗)	草库仑 内人工 草场 (上年 苗)	草库仑 内人工 草场 (上年 苗)	草库仑 内人工 草场 (上年 苗)	草库仑 内人工 草场 (上年 苗)	A 山 阳坡	A 山 阴坡	盘坡
	a b c	a b c	a b c	a b c	a b c	a b c	a b c	a b c	a b c	a b c	a b c	a b c	a b c	a b c
草库仑外天然草场	a b c	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
草库仑外天然草场 (原生植被)	a b c	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
草库仑内天然草场	a b c	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
草库仑内人工草场 (当年苗)	a b c	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
草库仑内人工草场 (上年苗)	a b c	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
草库仑内人工草场黄 麦(上年苗)	a b c	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
草库仑内当年翻耕撩 荒地	a b c	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
草库仑内上年翻耕撩 荒地	a b c	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
A 山阳坡	a b c	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
A 山阴坡	a b c	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
盘坡	a b c	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

注: 1. “+”表示差异显著; “—”表示差异不显著, “○”表示无对应的比较

2. “a”牧草返青期; “b”牧草茂盛期; “c”牧草枯黄期

3. 斜线右上方代表数量; 左下方代表生物量

表 4a 不同生境土壤昆虫数量与生物量方差分析结果 I. 牧草返青期

生 境 类 型	草库仑外 天然草场	草库仑内 天然草场	草库仑内 人工草场 (当年苗)	草库仑内 人工草场 (上年苗)	草库仑内 上年耕翻 撩荒地	A 山阳坡	A 山阴坡	盘 坡
草库仑外天然草场		—	—	+	—	—	—	+
草库仑内天然草场	—		—	+	—	—	—	+
草库仑内人工草场(当年苗)	—	—		—	+	+	—	+
草库仑内人工草场(上年苗)	—	—	—		+	+	—	+
草库仑内上年耕翻撩荒地	—	—	—	—		—	+	+
A 山阳坡	+	+	+	+	+		+	+
A 山阴坡	+	—	—	+	—	+		+
盘坡	—	—	—	—	—	+	—	

注: “+”表示差异显著, “—”表示差异不显著; 斜线右上方三角区代表数量, 左下方三角区代表生物量(表4b、4c同)

表 4b 不同生境土壤昆虫数量与生物量方差分析结果 I. 牧草茂盛期

	草库仑外 天然草场	草库仑外 天然草场 (原生植被)	草库仑内 天然草场	草库仑内 人工草场 (当年苗)	草库仑内 人工草场 (上年苗)	草库仑内 上年耕翻 撩荒地	A 山阳坡
草库仑外天然草场		-	+	-	-	-	-
草库仑外天然草场(原生植被)	-		+	-	-	-	-
草库仑内天然草场	-	-		+	+	+	+
草库仑内人工草场(当年苗)	-	-	-		-	-	-
草库仑内人工草场(上年苗)	-	-	+	-		-	-
草库仑内上年耕翻撩荒地	-	-	-	-	-		-
A 山阳坡	+	+	+	+	+	+	

表 4c 不同生境土壤昆虫数量与生物量方差分析结果 II. 牧草枯黄期

生 境 类 型	草库仑外 天然草场	草库仑内 天然草场	草库仑内 人工草场 (当年苗)	草库仑内 人工草场 (上年苗)	草库仑内 人工草场 黄燕麦 (上年苗)	草库仑内 当年耕翻 撩荒	草库仑内 上年耕翻 撩荒地	A 山阳坡
草库仑外天然草场		-	-	+	+	+	-	+
草库仑内天然草场	-		+	+	+	+	+	+
草库仑内人工草场(当年苗)	-	-		-	-	-	-	+
草库仑内人工草场(上年苗)	-	-	-		-	-	-	+
草库仑内人工草场黄燕麦(上年苗)	-	-	-	-		-	-	+
草库仑内当年耕翻撩荒地	-	-	-	-	-		-	+
草库仑内上年耕翻撩荒地	-	-	-	-	-	-		+
A 山阳坡	+	+	+	+	+	+	+	

然草场与上年耕翻撩荒地的比较,也可看出类似趋势。因此,围建草库仑和培育人工草场,会影响土壤昆虫的数量。但因大多为小型种类,故对生物量不一定有显著差异。这种影响的长远效应,还有待进一步研究。

2. 草原蚂蚁的组成、适应及其在生态系统中的作用

蚂蚁是社会性昆虫,作为土壤昆虫的成分,早就引起人们的注意(Kevan, 1955)。草原蚂蚁几乎无处不在,在生态系统的物质转化中有重要作用。在英国的草原生态学研究,认为蚂蚁是草原结构的组成部分(Duffey, 1974)。近年来在生态系统和昆虫生态学研究中,也经常涉及蚂蚁的功能(Price, 1975; Hickman, 1974)。为了进一步研究它们在草原土壤昆虫群落结构和功能中的作用,这里仅提供初步的调查、观察结果。由于未能解决蚂蚁的分类鉴定,只能根据外形和生态学特性,划分为三个类群。

大红蚁主要分布于草原化草甸、山麓和偏阴的山坡、山顶;小红蚁主要分布于山顶、向阳的山坡和草原化草甸;黑蚁主要分布于沼泽草甸以及山麓、山坡的石块下面。分布生境的差异,反应了土壤湿度的差异,也反映了三种蚂蚁适应特性的差异。大红蚁喜欢干湿适中的环境,小红蚁喜欢干燥,黑蚁则选择较潮湿的环境。

大红蚁建造高出地面的土丘,通常高出地面10—30厘米,丘顶直径15—40厘米。蚁丘顶部常有10个以上的小蚁穴,最多达27个。丘顶覆盖1—2厘米厚的枯枝落叶碎片和鼠粪等。在平滩草甸,蚁丘大小似无规律可循。但在山麓到山顶的垂直分布中,则可看到蚁丘高低与地下水位呈相应的关系,山麓蚁丘一般高20—30厘米,山坡10—20厘米,山顶6—10厘米,说明地下水位越高,则大红蚁建造的蚁丘越高,反之,蚁丘的高度降低。小红蚁多居于山顶和山坡的草丛基部和土壤上层,无明显的栖居特征。黑蚁分布较广,但主要的活动、繁殖场所是沼泽草甸和山麓的石块下面。

大红蚁蚁丘表现了良好的高寒适应特征。经多次测定,在寒冷季节或每天早晚的低温时刻,蚁丘顶部表层的温度一般高于气温 2°C — 5°C ,高于地温 1°C — 3°C ,另一方面蚁丘不易受水分渗透,如1977年6月16日,雨量13.3毫米,土壤湿透7.5厘米,高出地面20公分的蚁丘枯枝落叶层只湿透2厘米,而且易于蒸发干燥,因此也较不易冰冻。据调查,蚁穴深达1米以上,草原气象记录表明,80—160厘米深的土壤温度比较稳定,如1977年8—10月气温变化较大的三个月,80厘米土壤温度仅改变 4°C 左右,160厘米土温的变幅为 1.5°C 左右,同期气温变化最大幅度为 35°C 左右。11月中、下旬草甸冰封之时,最高气温 0°C 左右,最低气温 -12°C — -20°C 之间。此时30厘米以上的土温皆处于 0°C 以下,而80厘米土温仍保持 2°C 左右,160厘米土温保持 3°C 左右。由此可见,这种深层土壤是躲避严寒的良好场所。随着季节的和每天的气温,土温变化,蚂蚁经常作垂直迁移。当10厘米以上的土温不到 2°C 时,地表几无蚂蚁活动,大多蚂蚁潜居在15—20厘米以下的深处。这里的温度都在 5°C 以上。蚂蚁依靠这种垂直迁移的方法,能保证比较恒定的热能代谢条件,并维持种群的相对稳定。

蚂蚁为杂食者,常可见到它捕食其它昆虫和小动物,同时也能取食植物分泌的蜜汁,在黑蚁栖居处,常可发现蚁、蚜共生现象。它们是细小有机物的搬运者。不少具有油质体结构的牧草种子主要靠蚂蚁传播,澳大利亚草原记录了这类植物包括24科87属1,500种(Matthews, 1976)。据调查,每亩草甸平均有大红蚁丘3个,每丘蚂蚁约1,400头,即每平方米6头左右,这还不包括另两种蚂蚁,可见草甸蚂蚁之多,它们整天忙于把各种有机物拉入土内,又把蚁穴中的废弃物搬到土面,这对促进物质转化和改良土壤起着有益的作用。它们所以成为高寒草甸的优势类群,主要在于它们的社会组织能力,定向行为和细小个体所显示的惊人能力,这些特性颇值得人们深入研究。

3. 影响土壤昆虫数量变动的环境因素

土壤昆虫群落在多样性、相似性和生物量等方面的许多差异,是环境多样性和昆虫遗传特性的综合体现,从外界环境来看,起作用的因素主要是:

1) 土壤的理化结构 前已述及,草甸土壤的pH值约在7.0—8.2之间,这与一定的水热条件相联系,是许多土壤微小节肢动物和真菌、细菌的适宜范围。在沼泽草甸,由于通气不良,土壤中的植物残体腐烂过程甚慢,甚至会产生一些有害的毒素,因此土壤昆虫数量极少,土壤中的空气与水分在沼泽草甸、草原化草甸和高山具有不同的升降规律,这在很大程度上决定了土壤昆虫及其它土壤动物的种类和数量。此外,土壤腐植质的多寡也是影响土壤昆虫的重要因素。

2) 植物根系和植被 植物种类、根系和植被盖度与土壤昆虫之间,除在食物关系上有紧密联系外,还可以通过土壤上层5—10厘米左右的草皮和土壤湿度等小气候条件影响昆

虫。有些植物根系还能分泌一些对动物有影响的化学物质,从大量的野外调查可以发现,许多土壤昆虫是与一定的植被相联系的,如果结合其他环境因素,大体上可以推断某种生境有那些土壤昆虫。例如,草原化草甸以矮蒿草 (*Cobresia humilis*)、羊茅 (*Festuca* sp.)、垂穗披碱草 (*Clinelymus mutens*)、苔草 (*Carex* sp.)、花苜蓿 (*Medicago ruthenica*)、棘豆 (*Oxytropis* sp.)、美丽凤毛菊 (*Saussurea superba*)和甘肃马先蒿 (*Pedicularis kansuensis*)等为主,包括密丛、疏丛等不同特性之植物,常形成5—10厘米厚的坚实草皮,植被覆盖度一般为70—90%。这里的昆虫种类如同植物种类一样,是比较复杂的,包含了该地区大部分土壤昆虫类群;而切根虫类幼虫主要分布于18年前耕翻过的草甸弃耕地上;在山阳坡的下坡,主要植物有蕨草 (*Aneurolepidium dasusthys*)、早熟禾 (*Poa* spp.)、二裂委陵菜 (*Potentilla bifurca*)、高山唐松草 (*Thalictrum alpinum*)等,覆盖度一般为50—70%,无紧实的草皮,蕨草是多年生疏丛草类,其发达的地下根系是鳃角金龟成虫和幼虫的栖居处。

3) 农药与天敌 近年来经常用氟乙酰胺或有机磷类农药防治草甸鼠害,不可避免地给土壤昆虫带来直接或间接影响,如1976年6月底和7月上旬,分别喷洒氟乙酰胺和有机磷206(青海省化工研究所试制),在喷洒后一小时直至第五天,都陆续看到死亡的土壤昆虫和地面昆虫等,如蚂蚁、象甲、蜘蛛、蜉、叶蜂、蝇类和蜡科等。

土壤昆虫的捕食性天敌很多,如蜘蛛、蚂蚁、前甲、捕食性螨等等。常见的寄生性天敌主要有姬蜂类、寄蝇类和寄生性螨类,主要寄生于鳞翅目幼虫和蛹、鞘翅目幼虫、蛹和成虫,且常有集中寄生现象,如在同一样方内,可见到几头昆虫被寄生而死亡的现象,也常见到在一头寄主(前甲、金龟子等)的腹面同时有5—6头寄生螨存在。所有这些天敌昆虫同样逃避不了农药的伤害。这是防治鼠、虫害工作中值得注意的一个问题。

4) 草原建设 为了恢复与改良牧草场,许多地方正在围建草库仑或采取其它管理措施,这无疑会影响土壤昆虫的组成与数量,许多方面已述及,此不赘叙。

三、讨 论

开展草甸或草原生态系统的研究,使我国畜牧业走上高效能的途径,这已为越来越多的人所承认。但是,有关土壤生态系统和土壤动物学的研究,似乎尚未受到应有的重视,例如,有些土壤动物,如大蚊、蚂蚁、螨类、线虫等,其分类鉴定相当困难,有些根本无人过问,更不必说有关它们的生态研究了。但它们对土壤中的物质转化却起着重要作用。土壤是一切陆地生物生存的基础,因而也是陆地生态系统的基础,只有改善了土壤状况,才能从根本上改善地面状况,因此,希望生态学、分类学和土壤学工作者协同努力,加强土壤生态系统的研究。

参 考 文 献

- Davis, B. N. K. 1933 A study of micro-arthropod communities in mineral soil near corby, Northants. *J. Anim. Ecol.* 32 (1—3): 49—71.
Duffey, E. 1974 Grassland Ecology and Wildlife Management. London, First Published
Harris, W. V. 1955 Termites and the soil. In: Soil Zoology. p. 62—72.
Hickman, G. C. 1974 Pollination by ants: A low energy system. *Science* 184: 1290—1292.

- Lindeman R. L. 1942 The trophic—dynamic aspect of ecology. *Ecology* 23:399—418.
Price, P. W. 1975 Insect Ecology. New York, A Wiley—Interscience Publication, p.49.

NUMBER AND BIOMASS OF SOIL INSECTS IN GRASSLAND OF COLD REGION

Wu Yar Jin Cuixia

(*Northwestern Plateau Institute of Biology Academia Sinica*)

The number and biomass of soil insects are determined during the grass growth season. Both of them are the highest on the whole during the growing period of grass. But the average biomass on individuals has the most value at the dead ripe stage. Colcoptera larvae are dominant in different growing period. Compared with several habitats by analysis of variances, the difference of numbers are higher than that of biomass, and more biomass is concentrated on the sunshiny slopes of the mountain. It is quite obvious that the difference of numbers between the native pasture and the pasture-land of reclamation in second year is present, but it is not in biomass.

The dynamics of ants population is described. As the number of ants are numerous, they play an important role in food chain and substance conversion. However, the biomass is small because of a little size of body. Besides the relations to other animals, the coevolutions and competition between ants and plants are also present.

The numbers of soil insects are influenced by many external factors, such as edaphic factor, plant and its root, anthropic factor, etc.