

# 小型无脊椎动物对混播草地白三叶叶片伤害程度研究

李锋瑞<sup>1</sup>, 王树芳<sup>2</sup>

(1. 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所, 兰州 730000; 2. 西北师范大学计算中心, 兰州 730070)

**摘要:**采用非破坏性的田间观测方法,以主匍匐茎的叶片伤害数、叶片伤害率和叶片伤害程度 3 个变量为指标,综合评价了小型无脊椎动物对多年生黑麦草与白三叶的混播草地白三叶叶片的伤害程度,系统探讨了白三叶品种类型(Alice, Retor 和 Gwenda)、刈割频率(高与低)及草地特征(如白三叶含量、地上生物量和草层高度)对小型无脊椎动物对叶片伤害的影响。研究表明,高频率刈割的草地白三叶叶片总的伤害数及中等程度伤害的叶片数明显地高于低频率刈割处理(分别为 21% 和 35%)。另外,研究期总的叶片伤害数及不同程度伤害的叶片数因白三叶品种的不同而存在着很大差异,且这种差异在春季、夏末和秋季等 3 个时期均十分明显。在这 3 个时期,在两种频率刈割下,均是品种 Retor 的叶片伤害数和叶片伤害率明显地高于品种 Alice 和 Gwenda。研究还表明,叶片的伤害与白三叶种群特征如白三叶含量和地上生物量存在显著的负相关,白三叶含量和地上生物量越低,则叶片的伤害数和伤害率就越高。回归模型显示,白三叶含量和地上生物量可以解释叶片伤害数在春季、夏末、秋季各 65%、59% 和 50% 的变异,可以解释叶片伤害率在这 3 个时期各 58%、57% 和 45% 的变异。

**关键词:**小型无脊椎动物;混播草地;白三叶品种;刈割频率;叶片伤害程度

## Severity of damage to *Trifolium repens* leaves by certain miniinvertebrate species in mixed swards

LI Feng-Rui<sup>1</sup>, WANG Shu-Fang<sup>2</sup> (1. Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China; 2. Computer Center, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2001, 21(10): 1620~1626.

**Abstract:** The severity of damage to white clover (*Trifolium repens*) leaves caused by certain miniinvertebrate species in mixed swards was assessed using the number of damaged leaves, relative leaf damage and different degrees of leaf damage in a field experiment, in which two cutting frequencies (high and low) and three clover cultivars (Alice, Retor and Gwenda) were used. The relationship between leaf damage and sward characteristics (e.g., white clover content, above-ground biomass and sward height) was determined with correlation and regression analyses. The high cutting frequency increased the number of damaged leaves and of moderately damaged leaves by 21% and 35%, respectively, compared with the low cutting frequency. The cv. Retor experienced the most severe damage by miniinvertebrates among three cultivars, both in the total number of damaged leaves and in the different damage categories. Significant differences were observed in the number of damaged leaves and relative leaf damage (as a percentage of damaged leaves relative to leaf number present) among cultivars in spring, late-summer and autumn, but did not differ during the other months. Variation in leaf damage can be associated with differences in observed characteristics of white clover population. Both the number of damaged leaves and the relative leaf damage were found to strongly negatively correlated with white clover content and above-

基金项目:高等学校兰州大学干旱农业生态国家重点实验室访问学者专项基金和中国科学院“百人计划”资助项目

收稿日期:2000-09-25 修定日期:2000-09-25

作者简介:李锋瑞(1957~),男,陕西佳县人,博士,研究员。主要从事恢复生态学和农业生态学研究。

ground biomass in spring, late-summer and autumn under each of two cutting frequencies. White clover content and biomass explained 65%, 59% and 50% of the variation in the number of damaged leaves in spring, late-summer and autumn, respectively, and 58%, 57% and 45% of the variation in relative leaf damage during these three periods.

**Key words:** miniinvertebrates; mixed swards; *Trifolium repens* cultivar; cutting frequency; severity of leaf damage

文章编号:1000-0933(2001)10-1620-07 中图分类号:Q143 文献标识码:A

在许多国家,白三叶(*Trifolium repens*)作为一种优质豆科牧草被广泛用于永久性人工混播草地的建植。白三叶是一种具匍匐茎的植物,在刈割或放牧利用条件下,主要通过匍匐茎的无性繁殖而生存。然而,在混播草地中,白三叶叶片极易遭受某些小型无脊椎动物如蛞蝓(主要是 *Deroceras* 和 *Arion* 属)、象鼻虫(主要是 *Sitona*、*Apion* 和 *Hypera* 属)及绿圆跳虫(*Sminthurus viridis*)等的伤害<sup>[1,2]</sup>。研究表明,与未受伤害的正常叶片相比,受到小型无脊椎动物伤害的叶片其生长期明显缩短,且更容易发生枯萎和死亡<sup>[3]</sup>。这说明,小型无脊椎动物对叶片的伤害将加速叶片的枯萎与死亡进程,缩短叶片的生命期及光合作用功能期,因而对植物的光合能力、光合产物量及其在匍匐茎生长构件中的分配模式等一系列生命过程产生深刻的影响<sup>[4~6]</sup>。因此,系统地研究和阐明小型无脊椎动物对白三叶叶片的伤害程度及机理以及深刻理解白三叶匍匐茎的生长动态及变异特征,对科学地评价混播草地白三叶的生产性能与持久性都具有重要的意义。

近些年来,虽然有不少人就小型无脊椎动物对混播草地白三叶叶片的伤害程度作过一些调查研究<sup>[7~11]</sup>,但是,从白三叶个体匍匐茎的水平,采用非破坏性的田间观测方法,在综合考虑白三叶品种类型、草地利用强度和草地特征等多种因素影响的条件下,对小型无脊椎动物对白三叶叶片的伤害程度及机理的系统性研究尚未见到。本文详细报道了有关这方面的田间试验研究结果。本研究的主要目的是:(1)确定在不同频率刈割条件下小型无脊椎动物对白三叶叶片的伤害程度是否存在着明显的差异?(2)确定在同一频率刈割下各白三叶品种间在叶片的伤害程度上是否有所不同?(3)确定在不同的生长季节小型无脊椎动物对白三叶叶片的伤害程度是否存在着明显的差异?(4)确定叶片的伤害与草地特征如白三叶含量、地上生物量和草高之间是否存在着相关性,以及不同频率刈割对这种相关性的影响。

1 材料与方法

1.1 试验设计与处理

草地刈割试验在荷兰瓦赫宁根农业大学草地试验站(51°59'N, 5°39'E)进行。试验地原为农作物生产用地,土壤为重粘壤土。有关试验地点的详细描述参见文献<sup>[12]</sup>。

试验草地是 1991 年 4 月建植的。具体试验方法是:将精选的 2 个不同基因型的多年生黑麦草品种 Condesa(C, 4 倍体)和 Barlet(B, 2 倍体)的种子与 3 个不同叶型的白三叶品种 Alice(A, 大叶)、Retor(R, 中叶)和 Gwenda(G, 小叶)的种子按照 1:4 的比例(即白三叶为 20%,黑麦草为 80%)混合后,条播于已准备好的试验地,播种行距为 8 cm。对 6 个混播组合处理(CA, CR, CG, BA, BR, BG)采取裂区设计,以刈割频率为主区,混播组合为副区,重复 3 次,试验小区面积为 1.5 m×10 m。

根据对试验地养分含量的测定结果,在播种前对试验地施用了 P、K 肥,但未施用 N 肥。从 1992 年起,在每年生长季内,对 6 个混播组合草地进行两种不同频率(高与低)的刈割处理。在高频率刈割中,每当试验小区的地上干物质产量达到 1200 kg/hm<sup>2</sup>的预定目标时即对草地进行收获。在低频率刈割中,每当试验小区的地上干物质产量达到 2000 kg/hm<sup>2</sup>的预定目标时即对草地进行收获。草地产草量采用升降式牧草圆盘计(盘径 0.5 m,盘重 350 g)通过定期(每 5 d)测定草高的方法来估计。采用 Haldrup 割草机收获,留茬高度 5cm。在每次收获时,从各试验小区随机抽取约 0.125 kg 的鲜草样品,带回实验室,在 70℃恒温下经 24 h 烘干后,分别测定白三叶、多年生黑麦草及其它杂类草的含量和干物质产量。1994 年生长季内,对高频率刈割的各试验小区共进行了 7 次,各次收获时间依次为 5 月 11 日、6 月 14 日、7 月 13 日、8 月 2 日、9 月 12 日、10 月 8 日和 11 月 2 日。对低频率刈割的各试验小区共收获了 5 次,各次收获时间依次为 5 月 26 日、7

月 15 日、8 月 21 日、10 月 6 日和 11 月 2 日。

1.2 测定

1994 年生长季内,采用非破坏性的个体匍匐茎标记观测方法,对 6 个混播组合处理中的 CA、CR 和 CG 3 个混播组合草地白三叶匍匐茎生长构件(如叶、茎节、分枝等)的生长动态进行了系统的观测研究。具体观测方法是:在 5 月上旬,从 CA、CR 和 CG 3 个混播组合草地的 18 个试验小区中,每小区随机选择 10 个白三叶的主匍匐茎(Main stolon),用富有弹性的彩色塑料小环对其顶端的叶芽(即尚未展开的叶片)进行标记。从 6 月至 10 月,定期调查每个被标记主匍匐茎的茎长、茎节数、绿叶数、被小型无脊椎动物伤害的绿叶数、被刈割的绿叶数(仅残留绿色叶柄)、枯死叶片数、生殖枝数、掖芽数和分枝数以及分枝上的叶片数。在观测期间,若发生被标记的主匍匐茎死亡,被严重伤害,被刈割掉,或者标记丢失的情况,则选择新的匍匐茎予以代之。在本试验中,在统计叶片数量时,对于尚未展开的幼叶,并不记为 1 个叶片,而是根据调查时幼叶实际所处的由 Carlson 提出的白三叶叶片 10 个形态学发育阶段(0.1、0.2、0.3、0.4、0.5、0.6、0.7、0.8、0.9 和 1)来确定其数值<sup>[13]</sup>。例如,调查时某个幼叶处在第 4 个发育阶段,则记其值为 0.4。只有当叶片完全展开时才记为 1 个叶片。

除了以上的基本观测外,在每次调查时,还详细记录了小型无脊椎动物(在本试验中主要是蛱螈和象鼻虫)对白三叶叶片的伤害程度。叶片的伤害程度被划分为 3 个等级:轻度伤害(被伤害的叶面积小于 20%)、中度伤害(被伤害的叶面积介于 20%~50%之间)和重度伤害(被伤害的叶面积大于 50%)。

1.3 数据分析

对每个试验小区,先计算研究期每个标记主匍匐茎总的叶片伤害数以及轻度、中度和重度伤害的叶片数,然后计算各个调查时期每个标记主匍匐茎的叶片伤害数和叶片伤害率(即伤害的叶片数占现存叶片数的百分数),最后求出 10 个标记主匍匐茎的平均值即得每个试验小区的值。为了能够对两种频率刈割的数据进行联合分析以确定刈割处理的效应,将整个研究期划分为 5 个时期:即春季(6 月 14 至 29 日)、初夏(6 月 30 日至 7 月 13 日)、盛夏(7 月 14 日至 8 月 19 日)、夏末(8 月 20 日至 9 月 15 日)和秋季(9 月 16 日至 10 月 20 日)。对每个时期,采用裂区方差分析方法分别确定刈割频率、白三叶品种对各变量的单因素效应以及两个因素的互作效应。此外,根据本试验设计特点,还采用裂区方差分析方法分别确定刈割频率与时期及白三叶品种与时期的互作效应。在进行方差分析之前,对研究期总的叶片伤害数以及轻度、中度和重度伤害叶片数 4 个变量的数据采用平方根转换( $x+1$ ),对每个时期的叶片伤害数采用自然对数转换( $x+1$ ),对每个时期的叶片伤害率采用反正弦平方根转换。处理平均数的比较采用 LSD 法。采用相关和回归分析方法确定叶片的伤害与草地特征的关系。文中表格内所介绍的数据均是未被转换的原始试验数据。

2 结果

2.1 叶片的伤害数及伤害程度

刈割频率处理对研究期白三叶主匍匐茎总的叶片伤害数及中度伤害叶片数产生了显著的影响( $F_{(1,84)}=5.66, P<0.01; F_{(1,84)}=7.23, P<0.01$ ),高频率刈割的总的叶片伤害数及中等程度伤害的叶片数分别比低频率刈割处理高 21%和 36%(表 1)。此外,刈割频率处理还对春季每主匍匐茎的叶片伤害数产生了显著的影响( $P<0.01$ ),高频率刈割的叶片伤害数比低频率刈割处理高出 64%。

白三叶品种类型对研究期每主匍匐茎总的叶片伤害数以及轻度、中度和重度伤害的叶片数均产生了极显著的影响( $F_{(2,84)}=15.65, P<0.001; F_{(2,84)}=6.35, P<0.01; F_{(2,84)}=12.17, P<0.001; F_{(2,84)}=6.30, P<0.01$ )。在两种频率刈割下,均是品种 Retor 的总的叶片伤害数及轻度、中度和重度伤害的叶片数明显地高于品种 Alice 和 Gwenda(表 1)。此外,从不同生长季节看,品种 Retor 在春季、夏末和秋季 3 个时期的叶片伤害数分别比品种 Alice 高 179%、85%和 100%,比品种 Gwenda 高 31%、106%和 120%(表 2)。然而,刈割频率与白三叶品种之间不存在显著的互作效应,这表明刈割处理的效应并不因白三叶品种的不同而异,同样白三叶品种的处理效应也不因刈割频率的不同而异。

2.2 叶片伤害率数据

刈割频率处理除了对夏末白三叶叶片的伤害率有显著的影响外( $F_{(1,12)}=6.28, P<0.05$ ),对其余各时

表 1 不同频率刈割下各白三叶品种研究期总的叶片伤害数及轻度、中度和重度伤害的叶片数

Table 1 The total number of damaged leaves (TNDL) and numbers of slightly, moderately and heavily damaged leaves (NSDL, NMDL and NHDL) per main stolon for different white clover cultivars over the study period									
品种	每主匍匐茎	总的叶片伤害数		轻度伤害叶片数		中度伤害叶片数		重度伤害叶片数	
Cultivar	总的叶片生	TNDL	(%)	NSDL	(%)	NMDL	(%)	NHDL	(%)
	产数 TNLP								
高频率刈割 High cutting frequency									
Alice	16.53	3.63a	22.0	1.50a	9.1	1.83a	11.1	0.30a	1.8
Gwenda	16.19	4.01a	24.8	1.27a	7.8	2.47b	15.3	0.27a	1.7
Retor	16.31	5.80b	35.6	2.20b	13.5	3.03c	18.6	0.57b	3.5
平均 Mean	16.34	4.48	27.4	1.66	10.2	2.44	14.9	0.38	2.3
低频率刈割 Low cutting frequency									
Alice	16.51	3.03a	18.4	1.45a	8.8	1.35a	8.2	0.22a	1.3
Gwenda	14.93	2.97a	19.9	1.37a	9.2	1.43a	9.6	0.17a	1.1
Retor	15.22	5.06b	33.3	1.90b	12.5	2.63b	17.3	0.53b	3.5
平均 Mean	15.55	3.69	23.7	1.57	10.1	1.80	11.6	0.31	2.0

(%)伤害叶片数占每主匍匐茎总的叶片生产数的百分数 As a percentage of leaf number damaged relative to the total number of leaves produced per main stolon (TNLP). 具相同字母者差异不显著 Means with the same letters are not significantly different at  $P<0.05$

期的叶片伤害率均无明显效应。与刈割频率不同,白三叶品种类型对春季、夏末和秋季等 3 个时期的叶片伤害率均产生了极显著的影响( $F_{(2,12)}=10.87, P<0.01; F_{(2,12)}=7.63, P<0.01; F_{(2,12)}=6.22, P<0.01$ )。在这 3 个时期,品种 Retor 的叶片伤害率均明显地高于品种 Alice 和 Gwenda(表 2)。同样,刈割频率与白三叶品种对各个时期叶片伤害率无显著的互作效应。

2.3 叶片的伤害与草地特征的关系

相关分析结果表明,叶片的伤害与草地特征之间在春季、夏末和秋季 3 个时期存在着明显的相关性(表 3)。然而,由于刈割处理对草地生长的影响,叶片的伤害与草地特征之间的关系在两种频率刈割下存在着一定的差异。同样,叶片的伤害与草地特征间的关系在春季、夏末和秋季 3 个时期表现亦不完全相同。例如,在春季,在两种频率刈割下,叶片伤害数和叶片伤害率与白三叶含量、地上生物量和株高均呈显著负相关。在夏末,在高频率刈割中,叶片伤害数与白三叶含量呈显著负相关,叶片伤害率与地上生物量呈微弱负相关( $r=-0.629, P=0.069$ );在低频率刈割中,叶片伤害数和叶片伤害率分别与白三叶地上生物量和株高呈显著负相关。在秋季,在高频率刈割中,无论叶片伤害数还是叶片伤害率均与白三叶含量和地上生物量呈显著负相关,而在低频率刈割中,叶片伤害数仅与白三叶地上生物量呈显著负相关。回

表 2 不同时期白三叶品种对每主匍匐茎的叶片伤害数和叶片伤害率(%)的影响

Table 2 The effects of white clover cultivars on the number of damaged leaves (NDL) and relative leaf damage (RLD, %) per main stolon during different periods of the study				
时期 Period	品种 Cultivar	叶片伤害数 NDL		叶片伤害率 RLD
		平均数	Mean±SE	平均数 Mean±SE
春季 Spring	Alice	0.33±0.17a		13.5±5.43a
	Gwenda	0.70±0.30b		25.1±10.74b
	Retor	0.92±0.25c		36.1±5.79c
	平均 Mean	0.65±0.24		24.9±7.32
初夏 Early-summer	Alice	0.62±0.19a		25.5±6.98a
	Gwenda	0.46±0.31a		22.6±11.57a
	Retor	0.39±0.14a		23.8±11.41a
	平均 Mean	0.49±0.21		24.0±9.99
盛夏 Mid-summer	Alice	0.73±0.47a		17.7±9.74a
	Gwenda	0.75±0.52a		21.5±12.18a
	Retor	0.84±0.29a		27.3±10.69a
	平均 Mean	0.77±0.43		22.2±10.87
夏末 Late-summer	Alice	0.58±0.43a		15.5±9.63a
	Gwenda	0.52±0.21a		14.9±6.26a
	Retor	1.07±0.25b		28.3±5.10b
	平均 Mean	0.72±0.29		19.6±6.99
秋季 Autumn	Alice	0.22±0.13a		10.4±6.53a
	Gwenda	0.20±0.06a		9.7±2.85a
	Retor	0.44±0.16b		19.7±7.10b
	平均 Mean	0.29±0.12		13.3±5.49

具相同字母者差异不显著 Means with the same letters are not significantly different at  $P<0.05, SE=$ 平均数标准误

表3 不同时期两种频率刈割下叶片伤害数和叶片伤害率(%)与混播草地白三叶含量(g/kg DM)、地上生物量(kg/hm<sup>2</sup>)和平均草高(cm)的相关系数(*r*)

	NDL	RLD	WCC	WCB	MSH
高频率刈割 High cutting frequency					
春季 Spring ( <i>n</i> =9)					
NDL	—	0.981***	−0.654***	−0.835**	−0.792**
RLD		—	−0.648*	−0.825**	−0.778**
WCC			—	0.916***	0.646
WCB				—	0.768**
MSH					—
夏季 Summer ( <i>n</i> =18)					
NDL	—	0.805**	0.368	−0.053	−0.506*
RLD		—	−0.010	−0.313	−0.462*
WCC			—	0.769**	−0.045
WCB				—	0.538*
MSH					—
夏末 Late-summer ( <i>n</i> =9)					
NDL	—	0.933***	−0.528	−0.655*	−0.468
RLD		—	−0.576	−0.629	−0.542
WCC			—	0.956***	−0.937***
WCB				—	0.883**
MSH					—
秋季 Autumn ( <i>n</i> =9)					
NDL	—	0.978***	−0.784**	−0.752*	−0.171
RLD		—	−0.771**	−0.768**	−0.250
WCC			—	0.966***	0.543
WCB				—	0.673*
MSH					—
低频率刈割 Low cutting frequency					
春季 Spring ( <i>n</i> =9)					
NDL	—	0.977***	−0.939***	−0.929***	−0.782**
RLD		—	−0.952***	−0.953***	−0.880**
WCC			—	0.944***	0.798**
WCB				—	0.814**
MSH					—
夏季 Summer ( <i>n</i> =18)					
NDL	—	0.816***	0.200	0.068	−0.070
RLD		—	−0.182	−0.085	0.184
WCC			—	0.477	−0.514*
WCB				—	0.512*
MSH					—
夏末 Late-summer ( <i>n</i> =9)					
NDL	—	0.979***	−0.585	−0.705*	−0.700*
RLD		—	0.596	−0.717*	−0.683*
WCC			—	0.934***	0.778**
WCB				—	0.804**
MSH					—
秋季 Autumn ( <i>n</i> =9)					
NDL	—	0.979***	−0.583	−0.650*	−0.532
RLD		—	−0.485	−0.531	−0.365
WCC			—	0.815**	0.779**
WCB				—	0.809**
MSH					—

\* *P*<0.05; \*\* *P*<0.01; \*\*\* *P*<0.001.

归模型显示:在春季,白三叶含量和地上生物量可以解释叶片伤害数 65% 的变异及叶片伤害率 58% 的变异;在夏末,白三叶含量和地上生物量可以解释叶片伤害数 59% 的变异及叶片伤害率 57% 的变异;在秋季,白三叶含量和地上生物量仅解释了叶片伤害数 50% 的变异和叶片伤害率 45% 的变异(表 4)。然而,在这 3 个时期,叶片伤害数和叶片伤害率与株高的回归系数在统计学上不显著,说明株高对叶片伤害的影响相对较小。

表 4 不同生长季节白三叶叶片伤害数和叶片伤害率 (%) 与混播草地白三叶含量 (g/kg DM) 和地上生物量(kg/hm<sup>2</sup>) 关系的回归分析

Table 4 Regression analyses for the relationships between the number of damaged leaves (NDL) and relative leaf damage (RLD, %) and white clover content (WCC, g/kg DM) and biomass (WCB, kg/hm <sup>2</sup> ) in mixed swards in different periods of spring, late-summer and autumn			
	回归方程 Regression equation	决定系数 R <sup>2</sup>	n
春季 Spring			
叶片伤害数 NDL	$NDL = 1.09 - 3.01 \times 10^{-2}WCC + 8.26 \times 10^{-3}WCB$	65***	18
叶片伤害率 RLD	$RLD = 51.3 - 8.62 \times 10^{-1}WCC + 2.81 \times 10^{-5}WCB$	58***	18
夏末 Late-summer			
叶片伤害数 NDL	$NDL = 0.67 + 3.49 \times 10^{-2}WCC - 7.50 \times 10^{-2}WCB$	59***	18
叶片伤害率 RLD	$RLD = 28.9 + 1.12WCC - 2.35WCB$	57**	18
秋季 Autumn			
叶片伤害数 NDL	$NDL = 0.99 - 1.03 \times 10^{-2}WCC - 1.01 \times 10^{-2}WCB$	50**	18
叶片伤害率 RLD	$RLD = 54.8 - 4.52 \times 10^{-2}WCC - 4.96 \times 10^{-2}WCB$	45**	18

\*\*  $P < 0.01$ ; \*\*\*  $P < 0.001$

3 讨论

本研究着眼点并不在于草地小型无脊椎动物种群特征本身,而在于阐明小型无脊椎动物对混播草地白三叶叶片的伤害程度及机理。从田间定株标记观测结果看,小型无脊椎动物(在本试验中主要是蛭螭和象鼻虫)对白三叶叶片的伤害情况是相当复杂的,对此很难采用某个单一的指标如叶片伤害数或叶片伤害率来描述。因此,在本文中,采用每主匍匐茎总的叶片伤害数、叶片伤害率以及对叶片的不同伤害程度(划分为轻、中和重度伤害 3 个等级)等多个变量作为指标来综合评价小型无脊椎动物对白三叶叶片的伤害程度,可以说这基本上满足了研究的要求。

试验数据表明,尽管整个研究期每个主匍匐茎的叶片生产数在两种频率刈割下并无明显的差异,但是小型无脊椎动物对叶片的伤害数在两种频率刈割下却存在着相当大的差异(表 1)。在高频率刈割中,每主匍匐茎的叶片伤害数占叶片生产数的比例为 27.4% (3 个品种的平均值),在低频率刈割中仅为 23.7%。由于缺少与本研究相类似的试验研究报道,所以研究结果只能与放牧试验条件下的研究结果作比较。Sackville Hamilton 和 Harper 曾对小型无脊椎动物对放牧草地白三叶叶片的伤害情况进行过调查<sup>[10]</sup>,他们发现,在前一次调查中所记录的现存叶片中,在随后一次调查中大约有 7% 受到蛭螭的伤害,1% 受到象鼻虫的伤害。此外, Clements 和 Murray 及 Lewis 和 Thomas 曾分别在英格兰和威尔士的 16 个地点对小型无脊椎动物对放牧草地白三叶叶片的伤害程度作过较系统的田间调查<sup>[1,11]</sup>,结果表明,平均 23%~67% 的叶片受到了蛭螭的伤害,而平均 3%~62% 的叶片受到了象鼻虫的伤害。从这些调查数据可以看出,小型无脊椎动物对白三叶叶片的伤害程度变异范围是相当大的。

在本研究中,可以发现,研究期总的叶片伤害数及不同程度伤害的叶片数因白三叶品种的不同而存在着很大差异,且这种品种间的差异在春季、夏末和秋季等 3 个时期均表现十分明显(表 2)。在这 3 个时期,在两种频率刈割下,均是品种 Retor 的叶片伤害数和叶片伤害率明显地高于品种 Alice 和 Gwenda。这些试验结果充分表明了以下两点:①蛭螭和象鼻虫在春季、夏末和秋季 3 个时期具有较高的生理活性,是危害白三叶叶片的主要时期;②3 个供试白三叶品种在抵御蛭螭和象鼻虫等害虫侵害的能力上存在明显的差异,显然,品种 Retor 比品种 Alice 和 Gwenda 更容易受到蛭螭和象鼻虫的侵害。Baars 等的研究表明<sup>[14]</sup>,蛭螭对白三叶叶片的伤害程度与白三叶体内的氢氰酸(HCN)含量的高低有关,他们发现,品种 Retor 体内



的氢氰酸含量明显低于品种 Alice,而进一步的试验结果则证明,氢氰酸含量低的 Retor 比氢氰酸含量高的 Alice 更容易遭受蛭蛄的侵害。这与本项研究的结果相一致。目前,研究者普遍认为,白三叶体内高的氢氰酸含量可能具有重要的化学防卫功能,可以起到阻止或减少小型无脊椎动物如蛭蛄等对叶片的侵害<sup>[7,15]</sup>。

此外,本研究还表明,小型无脊椎动物对白三叶叶片的伤害与春季、夏末和秋季等 3 个时期混播草地白三叶种群特征有一定的关系(表 3)。相关分析表明,混播草地白三叶含量和地上生物量越低,则叶片的伤害数和伤害率就越高。对此可能的解释是:在草地上,蛭蛄(如 *Sitona*)种群的分布并非呈随机分布,而是呈集群分布<sup>[7,11]</sup>,由于蛭蛄喜欢采食低氢氰酸含量的白三叶品种,因此,在低氢氰酸含量的品种 Retor 的试验小区中,蛭蛄的种群密度可能比其它两个氢氰酸含量较高的品种的试验小区要大得多。此外,本项试验已经表明,在春季、夏末和秋季等 3 个时期,与品种 Retor 的混播草地白三叶含量和地上生物量均明显地低于与其它两个品种的混播草地<sup>[16]</sup>。不难想象,对于处在高的害虫种群密度及低的白三叶含量和地上生物量条件下的品种 Retor 来说,其叶片受到更为严重的伤害,似乎并不奇怪。回归模型显示(表 4),白三叶含量和地上生物量可以解释叶片伤害数在春季、夏末和秋季各 65%、59%和 50%的变异以及叶片伤害率在这 3 个时期各 58%、57%和 45%的变异。

## 参考文献

- [1] Clements R O and Murray P J. *Sitona* and other pest and disease damage to clover in the UK FAO REUR (Regional Office for Europe). *Technical Series*. , 1993, **29**: 149~150.
- [2] Townsend R J, Pottinger R P and Rowe S J. Evaluation of alternative insecticides for lucerne flea on pasture. *Proceedings of the 32nd New Zealand Weed and Pest Control Conference*, 1979. 68~71.
- [3] Li F R. The effects of frequency of cutting and cultivar on the period of leaf expansion in white clover grown in mixed swards. *Grass and Forage Science*, 2000, **55**: 280~285.
- [4] Mowat D J and Shakeel M A. The effect of some invertebrate species on persistence of white clover in ryegrass swards. *Grass and Forage Science*, 1989b, **44**: 117~124.
- [5] Elgersma A and Li F R. Effects of cultivar and cutting frequency on dynamics of stolon growth and leaf appearance in white clover grown in mixed swards. *Grass and Forage Science*, 1997, **52**: 370~380.
- [6] Dirzo R and Harper J L. Experimental studies on slug-plant interaction. III. Differences in acceptability of individual plants of *Trifolium repens* to slugs and snails. *J Ecol*. , 1982, **70**: 101~117.
- [7] Shakeel M A. The pest status of some invertebrate species associated with white clover (*Trifolium repens* L. ). PhD thesis, The Queen's University, Belfast, 1986.
- [8] Mowat D J and Shakeel M A. The effect of pesticide application on the establishment of white clover in a newly-sown ryegrass/white clover sward. *Grass and Forage Science*, 1988, **43**: 371~375.
- [9] Mowat D J and Shakeel M A. The effect of different cultivars of clover on numbers of, and leaf damage by, some invertebrate species. *Grass and Forage Science*, 1989a, **44**: 11~18.
- [10] Sackville Hamilton N R and Harper J L. The dynamics of *Trifolium repens* in a permanent pasture. I. The Population Dynamics of Leaves and Nodes Per Shoot Axis. *Proceedings of the Royal Society*, London, 1989, **B 237**: 133~173.
- [11] Lewis G C and Thomas B J. Incidence and severity of pest and disease damage to white clover foliage at 16 sites in England and Wales. *Annals of Appl. Biol.* , 1991, **118**: 1~8.
- [12] Elgersma A and Schleepers H. Contrasting perennial ryegrass/white clover mixtures under cutting and grazing. In: Mannetje L't and Frame J. eds. *Grassland and Society. Proceedings of the 15th General Meeting of the European Grassland Federation*, Wageningen, the Netherlands, 6~9 June 1994. 69~72.
- [13] Carlson G E. Growth of clover leaves—Developmental morphology and parameters at ten stages. *Crop Science*, 1966, **6**: 293~294.
- [14] Baars T, Dongen M Van and Brands L. Early crop growth, yield and clover development in cut and grazed grass/clover mixtures under organic conditions. In: Frame J. ed. *Recent Research and Development on White Clover in Europe. Interregional Cooperative Research and Development Network for Pastures and Fodder Crops*, FAO/CHIEAM, Estonia, 28~31 August 1995, Regional Office for Europe (REU) *Technical Series*, 1996, **42**: 122~125.
- [15] Craw-Sidebotham T J. The role of slugs and snails in the maintenance of the cyanogenesis polymorphisms of *Lotus corniculatus* and *Trifolium repens*. *Heredity*, 1972, **28**: 405~411.
- [16] Elgersma A and Schleepers H. Performance of white clover/perennial ryegrass mixtures under cutting. *Grass and Forage Science*, 1997, **52**: 134~146.