

实验方法与技术

Experimental Method & Technology

不同方法对 14 个苜蓿品种抗蚜评价分析

潘 凡^{1#}, 杜桂林^{2#}, 赵 莉³, 王卓谦³, 乔茗瑛³,
李金星³, 慕家欣³, 涂雄兵^{1*}, 张泽华^{1*}

(1. 中国农业科学院植物保护研究所, 植物病虫害生物学国家重点实验室, 北京 100193;
2. 全国畜牧总站, 北京 100125; 3. 新疆农业大学农学院, 乌鲁木齐 830052)

摘要 本试验研究了抗蚜株率、感蚜指数和改进的感蚜指数 3 种评价方法对 14 个苜蓿品种抗蚜评价的影响。结果表明:以抗蚜株率为标准,‘甘农 9 号’抗性最好;以感蚜指数为标准,‘阿尔冈金’抗性最好。而采用改进后的感蚜指数评价方法可将 14 个苜蓿品种分为 7 个等级,其中‘WL-319’为高感品种,‘巨能 II’为感虫品种,‘新牧 4 号’‘甘农 5 号’‘WL-354’‘WL-363’为低感品种,‘新牧 1 号’为中间品种,‘甘农 9 号’为低抗品种,‘MF4020’为中抗品种,‘中苜 1 号’‘WL-343’‘阿尔冈金’‘苜蓿王’‘SK3010’为高抗品种。改进后的感蚜指数评价方法符合“ 1 ± 0.1 ”等差数列分级标准,使不同抗性级别符合正态分布,具有统计学意义。同时,该方法充分考虑了天敌对蚜虫发生量的影响,在生产实践中具有重要的推广应用价值。

关键词 苜蓿; 抗性; 评价方法

中图分类号: S 451.9 **文献标识码:** A **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2019548

Effects of different methods on resistance evaluation of 14 alfalfa cultivars to aphid

PAN Fan^{1#}, DU Guilin^{2#}, ZHAO Li³, WANG Zhuoqian³, QIAO Mingying³,
LI Jinxing³, MU Jiaxin³, TU Xiongbing^{1*}, ZHANG Zehua^{1*}

(1. State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China; 2. National Animal Husbandry Station, Beijing 100125, China; 3. College of Agriculture, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China)

Abstract Effects of three methods on resistance evaluation of 14 alfalfa varieties to aphid were investigated. The results show that the resistance of ‘Gannong 9’ is the best with the evaluation standard of the rate of resistant plants, and the resistance of ‘Algonquin’ is the best with the evaluation standard of aphid index. Based on the improved aphid index evaluation method, 14 alfalfa varieties were divided into 7 grades, ‘WL-319’ as high susceptible, ‘Juneng II’ as susceptible, ‘Xinmu 4’ ‘Gannong 5’ ‘WL-354’ and ‘WL-363’ as low susceptible, ‘Xinmu 1’ as tolerant, ‘Gannong 9’ as low resistant; ‘MF4020’ as moderately resistant, ‘Zhongmu 1’ ‘WL-343’ ‘Algonquin’ ‘Alfaking’ and ‘SK3010’ as high resistant. The improved aphid index evaluation method conforms to the grading standard of “ 1 ± 0.1 ” arithmetic sequence, making different resistance levels conform to normal distribution, with statistical significance. At the same time, this method takes into full account the influence of aphid amount, which is of important value in production practice.

Key words alfalfa; insect resistance; evaluation method

紫花苜蓿 *Medicago sativa* 是世界上栽培最早、分布最广,利用价值最高的一种多年生优质豆科牧

收稿日期: 2019-10-14

修订日期: 2020-01-11

基金项目: 国家现代农业产业技术体系建设专项(CARS-34-07B)

* 通信作者 E-mail: 涂雄兵 xbtu@ippcaas.cn; 张泽华 zhangzehua@caas.cn

为并列第一作者

草,享有“牧草之王”的美誉,具有产量高,根系发达,保水培肥、改善土壤结构等特点,是北半球温带地区最主要的牧草,在畜牧业生产中有着不可替代的作用^[1]。随着苜蓿种植面积的不断扩大以及产业化程度的提高,苜蓿面临的病虫害风险也有所增加。大面积的集约化种植为虫害的发生提供了有利条件^[2]。蚜虫是为害苜蓿的重要害虫之一。在新疆地区苜蓿地发生的蚜虫主要有苜蓿斑蚜 *Therioaphis trifolii* Monell、豌豆蚜 *Acyrtosiphon pisum* Harris 和苜蓿蚜 *Aphis craccivora* Koch 等。其中苜蓿斑蚜分布较广,为害严重,为优势种群,常分布在叶片反面和嫩梢,分泌毒素杀死苜蓿幼苗和成熟的植株。蚜虫不仅吸食叶片汁液,引起植株营养恶化,影响苜蓿的生长发育和产量,其排泄的蜜露常覆盖于苜蓿叶片表面,诱发煤污病,造成苜蓿品质下降,失去加工价值,家畜拒食。蚜虫发生严重时,田间植株成片枯死^[3]。蚜虫还可传播多种病毒,如苜蓿花叶病毒^[4],对苜蓿产量造成更大的影响^[5]。

防治蚜虫一般采用化学防治、生物防治及应用抗蚜品种等措施^[6-7]。培育和应用抗虫品种,利用植物品种的抗性控制蚜虫为害是最为经济有效的防治手段^[8-10]。抗虫品种通过作物自身的内因和改变环境条件等途径改善营养机制从而使害虫得到控制。植物抗虫品种的培育与选用是利用内因治虫的特有手段,是通过植物本身特性来影响、控制害虫的最佳措施,是害虫治理系统中的重要组成部分^[11-12]。多年来,研究者为了评估品种抗性采用了各种方法,如

朱铨培等使用蚜量比值法测定黄瓜品种对蚜虫的抗性^[3]。Thackray 等以植株上蚜虫种群的内禀增长率为指标来评估小麦品种的抗性^[2]。Hesler 等提出了一种利用蚜虫数量、蚜虫发育历期以及生长速率评价小麦品种抗性的方法^[13]。这些方法为评价作物品种对蚜虫的抗性提供了重要依据。感蚜指数模型在我国被广泛应用于苜蓿对蚜虫的抗性评价,但天敌会影响害虫的种群动态,且天敌和害虫的关系以及对植物抗性的影响尚不完全清楚^[14-15]。本试验以抗蚜株率、感蚜指数以及改进的感蚜指数对 14 个苜蓿品种的抗蚜性进行评价,以期探索更加准确的抗蚜评价方法提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

试验地点设于新疆维吾尔自治区昌吉回族自治州昌吉市佃坝乡(44°10′N, 87°22′E)。该地区属于典型的温带大陆性干旱气候,具有冬季寒冷,日照时间长,夏季炎热,昼夜温差大等特点。年均天然降水量约为 183 mm,蒸发量为 1 687.7 mm,年均日照时数为 2 700 h,年平均气温 6.8℃,7 月份平均气温为 28.3℃,8 月份平均气温为 28.0℃。试验地面积 1.34 hm²。地势平坦,土壤类型为壤土,养分含量较高,适合种植各种农作物和牧草等。

1.2 供试材料

1.2.1 供试品种

14 个紫花苜蓿品种具体信息见表 1。

表 1 苜蓿品种基本信息
Table 1 Information of *Medicago sativa* varieties

编号 Number	品种 Variety	材料来源 Source of material	原产地 Source area
1	新牧 1 号 Xinmu 1	新疆农业大学	中国
2	新牧 4 号 Xinmu 4	新疆农业大学	中国
3	中苜 1 号 Zhongmu 1	中国农业科学院北京畜牧兽医研究所	中国
4	甘农 5 号 Gannong 5	甘肃农业大学	中国
5	甘农 9 号 Gannong 9	甘肃农业大学	中国
6	WL-319	新疆天博草业有限公司	美国
7	WL-343	新疆天博草业有限公司	美国
8	WL-354	新疆天博草业有限公司	美国
9	WL-363	新疆天博草业有限公司	美国
10	巨能 II Juneng II	新疆克劳沃草业有限公司	美国
11	阿尔冈金 Algonquin	新疆天博草业有限公司	加拿大
12	苜蓿王 Alfaking	新疆天博草业有限公司	加拿大
13	MF4020	新疆克劳沃草业有限公司	加拿大
14	SK3010	新疆克劳沃草业有限公司	加拿大

1.2.2 供试虫源

供试虫源为田间自然虫源,主要有苜蓿斑蚜、苜蓿蚜、豌豆蚜等,其中苜蓿斑蚜为主要优势类群。

1.3 田间试验设计

试验采用完全随机区组设计,共设置 14 个处理,每处理重复 3 次。每个品种占地面积约 933 m²。采取分区播种,人工条播的方式种植,开沟深 1.5~2 cm,行距 15 cm,播种量为 2.25 g/m²。参试的 14 个苜蓿品种于 2018 年 5 月底播种。种植过程中正常管理,未施用任何农药。

1.4 调查方法及调查时间

1.4.1 蚜虫口口密度调查

分别用单株目测法和枝条统计法调查蚜虫发生数量。单株目测法:采用目测法估计每株植株上蚜虫的发生量。枝条统计法:采用五点取样法,每点随机调查 20 个枝条。轻拍枝条,使蚜虫落在准备好的 A4 纸上,将纸迅速折好并放入提前准备好的装有乙酸乙酯棉球的密封袋中,带回实验室统计蚜虫数量。

1.4.2 蚜虫天敌调查

采用五点取样法,以叶面网扫法对天敌进行调查。每个点扫 10 复网次,水平 180°左右各扫 1 次为 1 复网,记录 10 复网次瓢虫、草蛉、蜘蛛及捕食蝽的数量。

1.4.3 调查时间

播种后,于 7 月 4 日至 9 月 16 日每隔 10 d 进行 1 次大田调查,雨天不调查。

1.5 抗蚜性评价方法及评价指标

1.5.1 抗蚜株率评价方法

根据蚜虫为害程度以及苜蓿感蚜植株叶片发黄程度及数量,将单株苜蓿受害程度分为 0~5 级:0 级,全株叶片均为绿色;1 级,植株仅下部几个叶片发黄;2 级,植株 1/4 叶片发黄;3 级,植株 1/2 叶片发黄;4 级,植株 3/4 叶片发黄;5 级,植株全部叶片发黄、干枯、脱落、死亡。以抗蚜株率为依据进行抗性评价^[16]:抗蚜株率 0~5% 为感虫品种(S),6%~15% 为低抗品种(LR),16%~30% 为中抗品种(MR),31%~50% 为抗性品种(R),>50% 为高抗品种(HR)。计算抗蚜株率和蚜害指数^[17-18]:

抗蚜株率 = $[\sum(0 \text{ 级株数} + 1 \text{ 级株数} + 2 \text{ 级株数}) / \text{调查总株数}] \times 100\%$;

蚜害指数 = $\sum(\text{受害植株数} \times \text{受害级值}) / (\text{调查总植株数} \times \text{最高受害级值})$ 。

1.5.2 感蚜指数评价方法

根据感蚜指数(IAS)将苜蓿抗性分为 3 个等级:高抗(HR),0~0.6;中抗(MR),0.61~1.20;高感(HS),>1.20^[19]。计算公式^[20-21]如下:

$$IAS = \frac{\text{各品种单株平均蚜量}}{\text{总鉴定品种的单株平均蚜量}}。$$

1.5.3 改进的感蚜指数法

天敌是控制蚜虫发生量的一个重要因素,即天敌的发生以及数量的增多会导致蚜虫数量减少,因此,直接使用感蚜指数进行抗性评价会导致评价结果产生误差。为了改进感蚜指数并考虑天敌对蚜虫种群抗性评估的影响,本试验引入了一个与天敌数量比值相对应的参数 α ,并根据抗蚜虫指数数学统计规律,以改进后的感蚜指数($\alpha \times IAS$)为评价标准,采用新的等级划分标准^[22]。将苜蓿抗性分为 9 个等级:高抗品种(HR), ≤ 0.60 ;抗性品种(R),0.61~0.70;中抗品种(MR),0.71~0.80;低抗品种(LR),0.81~0.90;中间品种(M),0.91~1.10;低感品种(LS),1.11~1.20;中感品种(MS),1.21~1.30;感虫品种(S),1.31~1.40;高感品种(HS),>1.40。

$$\alpha = \frac{\text{各品种平均天敌数量}}{\text{总鉴定品种的平均天敌数量}};$$

改进后感蚜指数 = $\alpha \times IAS$ 。

1.6 数据处理

利用 Excel 2010 和 GraphPad Prism 8.0 软件对数据进行分析并作图。

2 结果与分析

2.1 苜蓿斑蚜田间种群动态分析

利用田间自然感蚜量调查数据,以调查时间为横轴,百枝条虫口数为纵轴绘制各品种苜蓿斑蚜发生量随时间变化的动态曲线(图 1),分析可知:在 2018 年 6 月底至 7 月底紫花苜蓿生长第一茬,随着时间推移,气温升高,蚜虫发生量呈逐渐上升的趋势,但不同品种苜蓿斑蚜发生量不同。7 月 15 日左右蚜虫发生量达到峰值,其中蚜虫发生量较大的苜蓿品种有:‘MF4020’14 281 头;‘WL-319’12 928 头;‘新牧 4 号’12 451 头;‘中苜 1 号’10 443 头;‘苜蓿王’8 460 头。7 月末进行第一次刈割后蚜虫数量开始急剧下降,且随着温度降低,蚜量逐渐减少,直至 8 月 27 日以后蚜虫数量趋于 0。

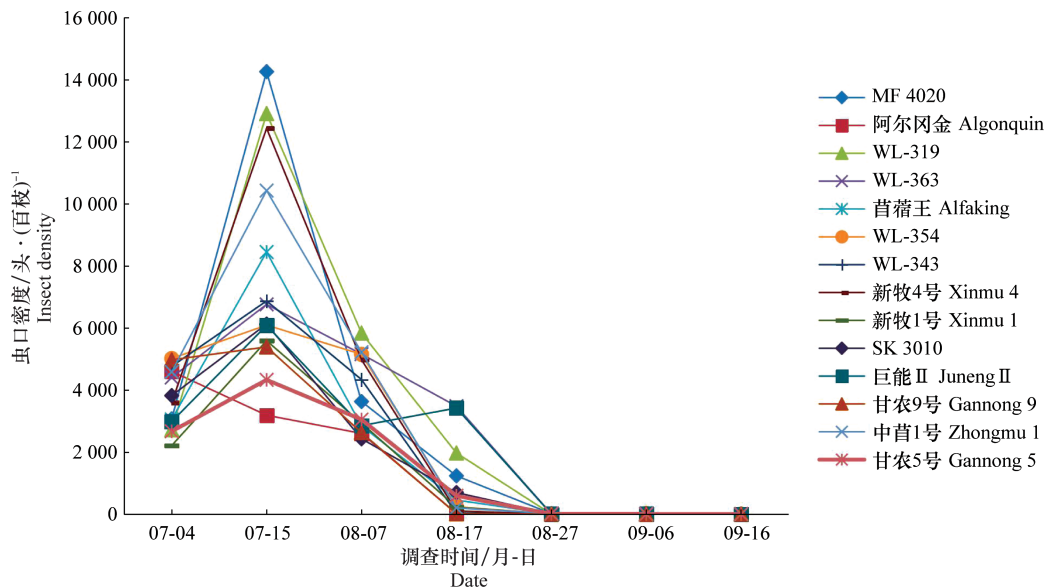


图 1 14 个苜蓿品种不同时期苜蓿斑蚜发生动态
Fig. 1 Dynamics of *Therioaphis trifolii* in different periods of 14 alfalfa varieties

2.2 14 个苜蓿品种田间抗蚜性评价结果

2.2.1 以抗蚜株率为标准的抗性评价结果

根据调查结果,7 月中旬虫口密度达到峰值,但是此阶段虫口变化速度快,种群数量不稳定。8 月上旬种群数量相对较稳定,因此根据 8 月 7 日的调查数据以抗蚜株率为指标进行分析,结果显示,苜蓿被害株率为 100%。对 14 个苜蓿品种受害程度的调查显示,蚜害指数越高,抗蚜株率越低,抗性越低。

各品种抗性评价结果如下(表 2):14 个苜蓿品种均为抗性品种,且抗性从高到低依次为:‘甘农 9 号’>‘WL-343’>‘WL-319’>‘巨能 II’>‘WL-363’>‘WL-354’>‘甘农 5 号’>‘苜蓿王’>‘SK3010’>‘MF4020’>‘阿尔冈金’>‘新牧 4 号’>‘新牧 1 号’>‘中苜 1 号’。其中‘甘农 9 号’抗性最好,抗蚜株率为 83%,蚜害指数为 0.428;‘中苜 1 号’抗性最差,抗蚜株率为 22%,蚜害指数为 0.596。

表 2 14 个苜蓿品种田间抗蚜株率评价结果

Table 2 Field evaluation on rate of resistant plants of 14 alfalfa varieties to *Therioaphis trifolii*

品种 Variety	各为害级别的植株数/株 Number of plants at each hazard level						蚜害指数 Aphid damage index	抗蚜株率/% Rate of resistant plants	抗性级别 Resistance grade
	0	1	2	3	4	5			
新牧 1 号 Xinmu 1	0	3	24	58	15	0	0.570	27	中抗 MR
新牧 4 号 Xinmu 4	2	4	33	53	8	0	0.522	39	抗 R
中苜 1 号 Zhongmu 1	4	0	18	50	28	0	0.596	22	中抗 MR
甘农 5 号 Gannong 5	5	5	46	43	1	0	0.460	56	高抗 HR
甘农 9 号 Gannong 9	0	6	77	15	1	1	0.428	83	高抗 HR
WL-319	1	6	67	23	3	0	0.442	74	高抗 HR
WL-343	2	5	68	14	11	0	0.454	75	高抗 HR
WL-354	4	14	40	32	8	2	0.464	58	高抗 HR
WL-363	0	2	65	29	3	1	0.472	67	高抗 HR
巨能 II Juneng II	1	3	64	26	6	0	0.466	68	高抗 HR
阿尔冈金 Algonquin	0	1	39	48	9	3	0.548	40	抗性 R
苜蓿王 Alfaking	0	1	48	40	10	1	0.524	49	抗性 R
MF4020	3	4	39	41	13	0	0.514	46	抗性 R
SK3010	0	3	45	43	7	2	0.520	48	抗性 R

2.2.2 以感蚜指数为标准的抗性评价结果

采用枝条统计法,根据 7 月 4 日、7 月 15 日以及 8 月 7 日的调查数据以感蚜指数为指标进行对比,得

出不同的苜蓿品种不同调查时间的抗性级别存在差异。其中 7 月 4 日和 7 月 15 日‘苜蓿王’‘WL-354’‘新牧 1 号’‘SK3010’两次测得的抗性程度不同,可

能由于 7 月中旬煤污病重,导致两次的抗性程度不同。7 月 4 日调查结果表明:14 个苜蓿品种的感蚜指数在 0.56~2.48 之间,其中‘阿尔冈金’最低,‘SK3010’最高。7 月 15 日调查结果表明:14 个苜蓿品种的感蚜指数在 0.25~2.87 之间,其中‘阿尔冈金’最低,‘MF4020’最高。8 月 7 日调查结果表明:14 个苜蓿品种的感蚜指数在 0.47~2.48 之间,其中‘SK3010’最低,‘WL-319’最高(表 3)。

2.2.3 不同调查方法对 14 个苜蓿品种感蚜指数评价

以 8 月 7 日枝条统计法和单株目测法的蚜虫发生量为依据,计算其感蚜指数。结果表明:‘新牧 1

号’‘WL-343’‘巨能Ⅱ’‘阿尔冈金’‘苜蓿王’采用不同的调查方法测得的结果存在差异,其中‘新牧 1 号’‘巨能Ⅱ’‘阿尔冈金’采用枝条统计法测得的抗性程度为中抗,而采用单株目测法测得的抗性程度为高抗;‘苜蓿王’采用枝条统计法测得的抗性程度为高抗,采用单株目测法测得的抗性程度为中抗;‘WL-343’品种采用枝条统计法调查计算出的抗性程度为中抗,采用单株目测法测得其抗性程度为高感。其余 9 个苜蓿品种采用不同的调查方法测得结果一致,其中‘甘农 9 号’‘WL-319’为高感品种;‘新牧 4 号’‘中苜 1 号’‘甘农 5 号’‘WL-363’‘WL-354’‘MF4020’为中抗品种;‘SK3010’为高抗品种(表 4)。

表 3 14 个苜蓿品种感蚜指数田间评价结果

品种 Variety	7 月 4 日 July 4		7 月 15 日 July 15		8 月 7 日 August 7	
	感蚜指数	抗性级别	感蚜指数	抗性级别	感蚜指数	抗性级别
	Aphid index	Resistance grade	Aphid index	Resistance grade	Aphid index	Resistance grade
新牧 1 号 Xinmu 1	0.72	中抗 MR	0.51	高抗 HR	0.97	中抗 MR
新牧 4 号 Xinmu 4	0.77	中抗 MR	0.75	中抗 MR	1.20	中抗 MR
中苜 1 号 Zhongmu 1	0.98	中抗 MR	1.13	中抗 MR	1.08	中抗 MR
甘农 5 号 Gannong 5	0.57	高抗 HR	0.27	高抗 HR	0.95	中抗 MR
甘农 9 号 Gannong 9	1.00	中抗 MR	0.74	中抗 MR	1.63	高感 HS
WL-319	0.69	中抗 MR	1.08	中抗 MR	2.48	高感 HS
WL-343	1.14	中抗 MR	1.04	中抗 MR	0.77	中抗 MR
WL-354	0.68	中抗 MR	1.36	高感 HS	0.80	中抗 MR
WL-363	0.93	中抗 MR	1.10	中抗 MR	0.95	中抗 MR
巨能Ⅱ JunengⅡ	1.01	中抗 MR	0.74	中抗 MR	0.70	中抗 MR
阿尔冈金 Algonquin	0.56	高抗 HR	0.25	高抗 HR	0.78	中抗 MR
苜蓿王 Alfaking	1.15	中抗 MR	1.42	高感 HS	0.56	高抗 HR
MF4020	1.31	高感 HS	2.87	高感 HS	0.65	中抗 MR
SK3010	2.48	高感 HS	0.73	中抗 MR	0.47	高抗 HR

表 4 不同调查方法对 14 个苜蓿品种的百株苜蓿感蚜指数及抗性评价结果

品种 Variety	枝条统计法 Branch statistics			单株目测法 Single plant visual method		
	数量/头	感蚜指数	抗性级别	数量/头	感蚜指数	抗性级别
	Number	Aphid index	Resistance grade	Number	Aphid index	Resistance grade
新牧 1 号 Xinmu 1	1 235	0.97	中抗 MR	773	0.47	高抗 HR
新牧 4 号 Xinmu 4	1 531	1.20	中抗 MR	1 738	1.07	中抗 MR
中苜 1 号 Zhongmu 1	1 380	1.08	中抗 MR	1 708	1.05	中抗 MR
甘农 5 号 Gannong 5	1 217	0.95	中抗 MR	1 509	0.93	中抗 MR
甘农 9 号 Gannong 9	2 076	1.63	高感 HS	3 052	1.87	高感 HS
WL-319	3 164	2.48	高感 HS	2 952	1.81	高感 HS
WL-343	983	0.77	中抗 MR	3 126	1.92	高感 HS
WL-354	1 025	0.80	中抗 MR	1 593	0.98	中抗 MR
WL-363	1 213	0.95	中抗 MR	1 045	0.64	中抗 MR
巨能Ⅱ JunengⅡ	895	0.70	中抗 MR	946	0.58	高抗 HR
阿尔冈金 Algonquin	1 002	0.78	中抗 MR	962	0.59	高抗 HR
苜蓿王 Alfaking	720	0.56	高抗 HR	1 408	0.86	中抗 MR
MF4020	833	0.65	中抗 MR	1 364	0.84	中抗 MR
SK3010	598	0.47	高抗 HR	643	0.39	高抗 HR

2.2.4 以改进后感蚜指数为标准的抗性评价结果

以8月7日枝条统计法调查的结果为依据,引入天敌数量参数 α ,采用改进后的评价方法($\alpha \times$ IAS)进行评价(表5)。14个苜蓿品种可分为7个等级,其中低感品种有‘新牧4号’‘甘农5号’‘WL-354’‘WL-363’,感虫品种有‘巨能Ⅱ’,高感品种有‘WL-319’,中间品种有‘新牧1号’,低抗品种有‘甘农9号’,中抗品种有‘MF4020’,高抗品种有‘中苜1号’‘WL-343’‘阿尔冈金’‘苜蓿王’‘SK3010’。

表5 基于改进后感蚜指数对14个苜蓿品种抗性的田间评价结果

Table 5 Field evaluation of 14 alfalfa varieties to <i>Therioaphis trifolii</i> by improved aphid index method				
品种 Variety	天敌数量/头 Number of natural enemies	α 值	改进后感蚜指数 α aphid index	抗性级别 Resistance grade
新牧1号 Xinmu 1	47	0.50	1.08	中间品种 M
新牧4号 Xinmu 4	145	1.55	1.15	低感 LS
中苜1号 Zhongmu 1	37	0.40	0.54	高抗 HR
甘农5号 Gannong 5	120	1.28	1.19	低感 LS
甘农9号 Gannong 9	37	0.40	0.82	低抗 LR
WL-319	146	1.56	2.59	高感 HS
WL-343	45	0.48	0.33	高抗 HR
WL-354	73	0.78	1.20	低感 LS
WL-363	146	1.56	1.22	低感 LS
巨能Ⅱ Juneng Ⅱ	136	1.45	1.35	感 S
阿尔冈金 Algonquin	53	0.57	0.31	高抗 HR
苜蓿王 Alfaking	117	1.25	0.54	高抗 HR
MF4020	99	1.06	0.78	中抗 MR
SK3010	110	1.17	0.43	高抗 HR

表6 不同评价方法下14个苜蓿品种的抗性级别比较
Table 6 Comparison of resistance levels of 14 alfalfa varieties under different evaluation methods

品种 Variety	抗性级别 Resistance grade		
	抗蚜株率 Rate of resistant plants	感蚜指数 Aphid index	改进后的感蚜指数 α aphid index
新牧1号 Xinmu 1	中抗 MR	中抗 MR	中间品种 M
新牧4号 Xinmu 4	抗 R	中抗 MR	低感 LS
中苜1号 Zhongmu 1	中抗 MR	中抗 MR	高抗 HR
甘农5号 Gannong 5	高抗 HR	中抗 MR	低感 LS
甘农9号 Gannong 9	高抗 HR	高感 HS	低抗 LR
WL-319	高抗 HR	高感 HS	高感 HS
WL-343	高抗 HR	中抗 MR	高抗 HR
WL-354	高抗 HR	中抗 MR	低感 LS
WL-363	高抗 HR	中抗 MR	低感 LS
巨能Ⅱ Juneng Ⅱ	高抗 HR	中抗 MR	感 S
阿尔冈金 Algonquin	抗 R	中抗 MR	高抗 HR
苜蓿王 Alfaking	抗 R	高抗 HR	高抗 HR
MF4020	抗 R	中抗 MR	中抗 MR
SK3010	抗 R	高抗 HR	高抗 HS

2.3 不同评价方法下14个苜蓿品种的抗性级别

采用不同评价方法对不同品种苜蓿的抗性级别有一定的影响,以抗蚜株率为标准进行评价,14个苜蓿品种中包括7个高抗品种,2个中抗品种,5个抗性品种;采用感蚜指数评价14个苜蓿品种,其中有2个高抗品种,10个中抗品种,2个高感品种;而以改进后的感蚜指数评价得出,14个品种中包含5个高抗品种,1个中抗品种,1个低抗品种,1个中间品种,1个高感品种,1个感虫品种,4个低感品种(表6)。

3 讨论

目前,国内关于抗虫性的研究报道相对来说较少。本试验采用3种方法对14个苜蓿品种的抗蚜性进行了评价。结果发现不同评价指标所评价出的苜蓿抗性也不相同。如以改进后的感蚜指数为指标测得‘WL-319’为高感品种,‘新牧1号’为中间品种,‘WL-343’为高抗品种,而刘兆良等^[6]采用蚜情指数法对32个苜蓿品种进行抗性评价得出‘WL-319’为高抗品种,‘新牧1号’为感虫品种,‘WL-343’为中抗品种,这说明采用不同的评价方法对植物的抗性评价存在差异,此外,这也可能是由于不同的生活环境所导致。苜蓿对蚜虫的田间抗性鉴定受诸多因素的影响,如田间的温湿度、环境、降雨、天敌及调查时间间隔等因素,且同一苜蓿品种种植的环境不同,其抗蚜能力也存在一定差异^[23]。马建华等^[23]采用感蚜指数和抗性株率对宁夏地区12个苜蓿品种进行抗性评价得出,‘WL-343’为中抗品种,‘MF4020’为抗性品种;王森山等^[16]以抗蚜株率和感蚜指数为指标在甘肃地区对28个苜蓿品种进行田间抗蚜评价,得出‘阿尔冈金’为高抗品种,‘中苜1号’为低抗品种。本试验以改进后的感蚜指数为指标测得‘MF4020’为中抗品种,‘中苜1号’为高抗品种。感蚜指数作为评价苜蓿抗性的一个重要评价方法,在生产实践中被广泛应用。植物抗性性分为直接防御和间接防御,在影响植物抗性评价的诸多因素中,天敌是一个的重要因素^[24-26]。寄主植物在遭受害虫为害后会通过释放挥发性物质等间接防御的方式来吸引天敌,从而达到降低害虫为害的目的^[27-28]。研究发现,天敌与单株蚜量之间存在显著负相关性,而与蚜量比值(即本文的感蚜指数)之间

相关性不大。若用蚜量比值表示品种抗性,由于天敌种群动态主要依赖于蚜虫虫口密度,因此天敌的数量会直接影响蚜量比值,进而影响品种抗蚜性评价结果^[22]。本试验引入了天敌数量参数 α 对感蚜指数评价方法进行改进,以天敌数量参数表征间接防御,充分考虑了天敌的存在对害虫发生量的影响,同时按照等差数列(1 ± 0.1)将苜蓿品种分成有规律的抗性级别,使不同抗性级别符合正态分布,具有统计学意义^[22,29],该方法在生产实践中具有重要的推广应用价值。

参考文献

- [1] 郭玉霞,南志标,王成章,等. 苜蓿根部入侵真菌研究进展[J]. 草业学报,2009,18(5):243-249.
- [2] THACKRAY D J, WRATTENT S D, EDWARDS P J, et al. Resistance to the aphids *Sitobion avenae* and *Rhopalosiphum padi* in Gramineae in relation to hydroxamic acid levels [J]. Annals of Applied Biology, 1990, 116(3):573-582.
- [3] 朱铨培,周福才,陈学好,等. 不同品种黄瓜对蚜虫抗性的研究初报[J]. 扬州大学学报(农业与生命科学版), 2011, 32(3): 65-69.
- [4] HE C G, ZHANG X G. Field evaluation of lucerne (*Medicago sativa* L.) for resistance to aphids in northern China [J]. Australian Journal of Agricultural Research, 2006, 57(4): 471-475.
- [5] 刘兆良,臧爱梅,袁忠,等. 青岛地区不同紫花苜蓿品种对蚜虫的田间抗性评价[J]. 安徽农业科学, 2017, 45(30): 140-142.
- [6] 马建华,朱猛蒙,张蓉,等. 药剂处理对苜蓿地害虫-天敌群落的影响[J]. 宁夏大学学报(自然科学版),2009,30(3):282-284.
- [7] 武德功. 苜蓿(*Medicago sativa* L.)抗蚜性及新品系 HA-3 的区域适应性试验[D]. 兰州:甘肃农业大学,2007.
- [8] POWELL G, TOSH C R, HARDIE J. Host plant selection by aphids: behavioral, evolutionary, and applied perspectives [J]. Annual Review of Entomology, 2006, 51(1):309-330.
- [9] 钦俊德. 植食性昆虫食性的生理基础[J]. 昆虫学报,1980,23(1):106-122.
- [10] 吴永敷,薇玲,赵秀华,等. 苜蓿对蓟马的抗源筛选试验[J]. 中国草地,1990(5):61-63.
- [11] 周明胖. 作物抗性原理及应用[M]. 北京:农业出版社,1992: 5-98.
- [12] 华南农业大学. 农业昆虫学(上)[M]. 第 2 版. 北京:农业出版社,1994:10-72.
- [13] HESLER L S, RIEDELL W E, KIECKHEFER R W, et al. Resistance to *Rhopalosiphum padi* (Homoptera: Aphididae) in wheat germplasm accessions [J]. Journal of Economic Entomology, 1999, 92(5):1234-1238.
- [14] FARMER E. Surface-to-air signals [J]. Nature, 2001, 411(6839): 854-856.
- [15] HUANG Fang, SHI Min, CHEN Yafeng, et al. Oogenesis of *Diadegma semiclausum* (Hymenoptera: Ichneumonidae) and its associated polydnavirus [J]. Microscopy Research and Technique, 2008, 71(9):676-683.
- [16] 王森山,朱亚灵,宋丽雯,等. 不同苜蓿品种对豌豆蚜田间抗性评价[J]. 草地学报, 2014, 22(5): 1139-1142.
- [17] 袁锋,张景琳. 棉花蚜害指数调查法及应用[J]. 植物保护, 1982,8(5):30-32.
- [18] 武德功,贺春贵,吴廷娟,等. 不同紫花苜蓿品种对蚜虫抗性的比较试验[J]. 草原与草坪, 2007(4):58-61.
- [19] 黄伟. 不同紫花苜蓿品种抗蚜性鉴定及抗性机理初步研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2007.
- [20] 刘绍友,侯有,李定旭,等. 小麦品种对麦长管蚜抗性机制的研究[J]. 西北农业学报, 1993, 2(3): 76-80.
- [21] 胡想顺,赵惠燕,李军,等. 3 个新引进小麦品种对麦长管蚜抗性的初步研究[J]. 西北植物学报, 2004, 24(7): 1221-1226.
- [22] TU Xiongbing, FAN Yaoli, MCNEILL M, et al. Including predator presence in a refined model for assessing resistance of alfalfa cultivar to aphids [J]. Journal of Integrative Agriculture,2018,17(2):397-405.
- [23] 马建华,魏淑花,张洪英,等. 宁夏主栽苜蓿品种(系)对豌豆蚜的抗性评价[J]. 草业学报,2016,25(6):190-197.
- [24] 巫厚长,章超,李正珊,等. 寄主植物-害虫-天敌三营养层系统相互作用的上行控制[J]. 中国农学通报,2006, 22(8):414-418.
- [25] ZHU Youyong, CHEN Hairu, FAN Jinghua, et al. Genetic diversity and disease control in rice [J]. Nature, 2000, 406(6797):718-722.
- [26] 宋备舟,王美超,孔云,等. 梨园芳香植物间作区主要害虫及其天敌的相互关系[J]. 中国农业科学,2010,43(17):3590-3601.
- [27] KAPPERS I F. Genetic engineering of terpenoid metabolism attracts bodyguards to *Arabidopsis* [J]. Science, 2005, 309(5743):2070-2072.
- [28] 戈峰,吴孔明,陈学新. 植物-害虫-天敌互作机制研究前沿[J]. 应用昆虫学报,2011,48(1):1-6.
- [29] TU Xiongbing, FAN Yaoli, JI Mingshan, et al. Improving a method for evaluating alfalfa cultivar resistance to thrips [J]. Journal of Integrative Agriculture,2016,15(3):600-607.

(责任编辑:杨明丽)