

# 苜蓿叶象甲的耐寒性研究

张娜, 刘长月, 武云霞, 赵莉

(新疆农业大学农学院 新疆草地资源与生态重点实验室, 新疆乌鲁木齐 830052)

**摘要:**为探讨苜蓿叶象甲 (*Hypera postica*) 的耐寒性, 测定了不同虫态以及越冬成虫的过冷却点和冰点。结果表明, 苜蓿叶象甲成虫、长翅型蛹、短翅型蛹、四龄幼虫以及三龄幼虫的过冷却点依次为  $-20.46$ 、 $-10.34$ 、 $-9.55$ 、 $-10.0$  和  $-9.75$  °C, 冰点依次为  $-18.24$ 、 $-6.68$ 、 $-6.52$ 、 $-7.52$  和  $-7.86$  °C, 各虫态中成虫的过冷却点和冰点最低, 长、短翅型蛹与三、四龄幼虫间过冷却点差异不显著 ( $P > 0.05$ ), 冰点差异亦不显著; 越冬期苜蓿叶象甲长翅型成虫和短翅型成虫间过冷却点差异和冰点差异均不显著; 12月下旬和1月下旬雌成虫过冷却点显著低于雄成虫的 ( $P < 0.05$ )。综合分析认为, 苜蓿叶象甲各虫态中以成虫耐寒能力最强, 翅型对苜蓿叶象甲的耐寒性影响不显著, 性别对苜蓿叶象甲耐寒性的影响因气温的降低而差异显著。

**关键词:** 苜蓿叶象甲; 耐寒力; 过冷却点; 冰点

**中图分类号:** S551<sup>+</sup>.703.4; Q945.7

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1001-0629(2011)03-0459-05

\*<sup>1</sup> 苜蓿 (*Medicago sativa*) 是世界上栽培最早、分布面积最大的一种多年生优良豆科牧草, 营养价值高、产量高且耐盐性较强, 在农牧业生产中有着不可替代的作用<sup>[1-2]</sup>。长期连续种植及种植结构单一, 不仅使苜蓿病害恶化<sup>[3]</sup>, 更使其虫害加剧。苜蓿叶象甲 (*Hypera postica*) 是苜蓿田中主要害虫之一, 对苜蓿的生长发育、草产品品质及产量均产生很大影响。苜蓿叶象甲 1904 年传入美国后曾对该国苜蓿造成毁灭性危害, 每年因该虫害造成经济损失达 25 亿美元<sup>[4-5]</sup>。20 世纪 60 年代, 我国新疆苜蓿也曾受到该虫的致命性危害, 约 333.3 hm<sup>2</sup> 苜蓿干草、种子基本无收成<sup>[6]</sup>。目前我国对苜蓿叶象甲的生物学特性、生物化学以及生物防治等<sup>[7-13]</sup> 方面做了大量研究, 但鲜见对其抗寒能力的研究报道。因此, 本研究测定苜蓿叶象甲各虫态以及越冬成虫的过冷却点和冰点, 明确苜蓿叶象甲的耐寒能力与翅型及性别的关系, 以期为其分布及扩散提供理论依据。

## 1 材料与方法

**1.1 供试虫源** 2007 年于呼图壁种牛场小海子采集苜蓿叶象甲第 2 代幼虫、蛹及成虫供不同虫态的过冷却点和冰点试验用; 2008 年 9 月底—10 月初将新羽化的成虫在室内饲养一段时间, 埋于苜蓿田附近表层土中 (4~5 cm) 自然温度下越冬, 分 5 批取样 (2008 年 11 月 24 日、12 月 26 日, 2009 年 1 月 24 日、2 月 24 日以及 3 月 24 日), 用于分析苜蓿叶象

甲翅型与耐寒性的关系、雌雄成虫的过冷却点和冰点以及成虫在不同温度下的致死中时间。

**1.2 试验方法** 参照秦玉川和杨建才<sup>[14]</sup>、武云霞<sup>[15]</sup> 的方法测过冷却点和冰点温度, 每个处理测 10 头, 重复 3 次。本试验中电阻阻值 ( $x$ ) 与温度 ( $y$ ) 间拟合关系式为:

$$y = -21.829 \ln(x) + 73.856, R^2 = 0.9959.$$

设置  $-30$ 、 $-25$ 、 $-20$ 、 $-15$ 、 $-10$  °C 5 个温度梯度, 每个温度下放置 20 头成虫, 重复 3 次, 每隔一定时间记录被测成虫的死亡情况, 并计算致死中时间。

**1.3 数据分析** 用 DPS 6.5 软件和 Excel 软件进行数据处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 苜蓿叶象甲不同虫态的过冷却点和冰点

苜蓿叶象甲不同虫态体液结冰点的变化趋势与其过冷却点的变化趋势一致, 均因发育阶段不同而存在一定差异 (图 1)。在各虫态中, 成虫的过冷却点和冰点最低, 分别为  $-20.46$  和  $-18.24$  °C; 长、短翅型蛹与三、四龄幼虫间过冷却点差异不显著 ( $P > 0.05$ ), 依次为  $-10.34$ 、 $-9.55$ 、 $-9.75$  和

收稿日期: 2010-07-30 接受日期: 2010-10-29  
基金项目: 新疆草地资源与生态自治区重点实验室基金 (XJ-DA0209-2007-06); 现代农业产业技术体系建设专项资金 (nycytx-37)  
作者简介: 张娜 (1983-), 女, 山西临汾人, 硕士, 研究方向为害虫综合治理。E-mail: yucixue@163.com  
通信作者: 赵莉 E-mail: zlym57@sohu.com

-10.00℃,冰点差异亦不显著,依次为-6.68、-6.52、-7.86和-7.52℃。过冷却点的高低是苜蓿叶象甲耐寒性强弱的标志,过冷却点越低,其耐寒能力越强。苜蓿叶象甲过冷却点测定结果表明,在各虫态中以成虫的耐寒能力最强,能耐受-20℃左右的低温,幼虫和蛹的耐寒能力相同,仅能耐受-10℃左右的低温。

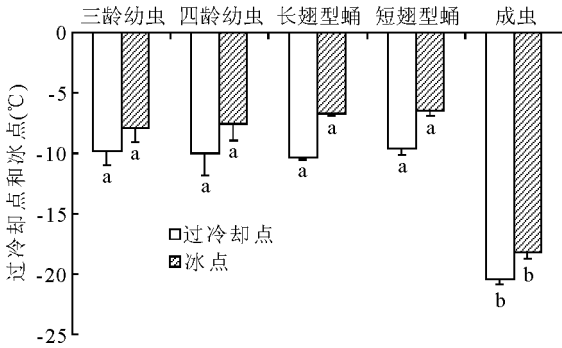


图1 苜蓿叶象甲不同发育阶段的过冷却点和冰点

注:图中数值为平均值±标准差,同一指标标有不同字母为 Duncan 多重比较不同虫态差异显著( $P < 0.05$ )。

2.2 苜蓿叶象甲翅型与耐寒性的关系

2008年11月下旬-2009年3月下旬,分5次取样测定了苜蓿叶象甲长短翅型成虫的过冷却点(图2)。结果表明,长翅型成虫的过冷却点均因越冬时期不同而差异显著( $P < 0.05$ ),短翅型成虫的过冷却点在11月下旬和1月下旬间差异不显著( $P > 0.05$ ),但二者与其他3个月份间差异显著。苜蓿叶象甲成虫在10月陆续进入越冬状态,越冬初期(11月下旬)长翅型成虫过冷却点为-18.86℃,短翅型的为-19.24℃;隆冬期(12月下旬)长翅型和短翅型成虫的过冷却点分别为-22.91和-22.98℃,并且二者均显著低于其他时期相同翅型的过冷却点;隆冬过后,2种翅型成虫的过冷却点均呈明显的上升趋势,尤其在翌年3月末气温已经回升,长翅型成虫(-14.00℃)、短翅型成虫(-13.66℃)过冷却点分别比12月下旬时上升了8.91和9.32℃,虽然成虫已陆续解除滞育,但依然具有较强的抗寒能力。除3月下旬时长翅型成虫过冷却点略高于短翅型成虫外,其他时期短翅型成虫的过冷却点始终高于长翅型成虫的,但经t检验表明,任一时期内,长翅型和短翅型成虫间过冷却点差异不显著( $t_{11} = 2.0072$ ,

$t_{12} = 0.0986$ ,  $t_1 = 0.7625$ ,  $t_2 = 1.3986$ ,  $t_3 = 0.5067$ ,  $P > 0.05$ ),由此认为,苜蓿叶象甲不同翅型间耐寒能力差异不显著。

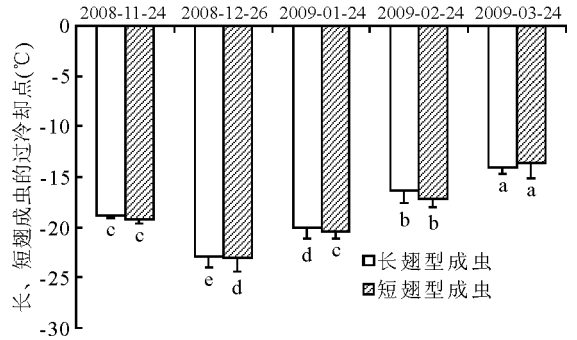


图2 苜蓿叶象甲越冬成虫不同翅型的过冷却点

注:不同小写字母表示同一翅型不同时期差异显著( $P < 0.05$ )。图3同。

越冬时期对不同翅型成虫体液结冰点也有显著影响(图3)。12月下旬长、短翅型成虫的冰点均最低,分别为-21.14和-21.23℃,与其他时期相比差异显著。随着天气转暖,环境温度的升高,2种翅型的冰点也呈上升趋势,3月下旬最高(-13.51和-12.57℃)。经t检验表明,任何时期内2种翅型间冰点差异不显著( $t_{11} = 0.0177$ ,  $t_{12} = 0.1441$ ,  $t_1 = 1.0533$ ,  $t_2 = 1.3003$ ,  $t_3 = 1.3880$ ,  $P > 0.05$ )。

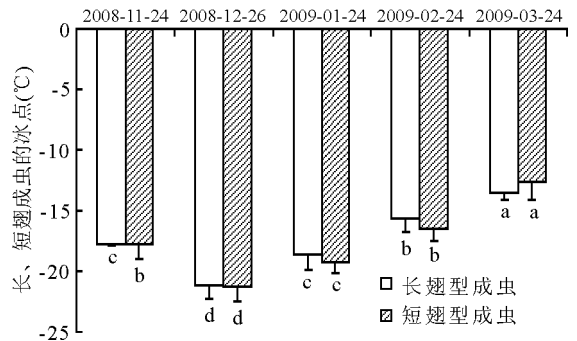


图3 苜蓿叶象甲越冬成虫不同翅型的冰点

2.3 苜蓿叶象甲雌雄成虫的过冷却点和冰点

在任一时期内,苜蓿叶象甲雌成虫的过冷却点始终低于雄成虫的(图4)。经t检验,12月下旬的雌成虫过冷却点(-23.68℃)显著低于雄成虫(-22.21℃),1月下旬的雌成虫过冷却点(-20.86℃)显著低于雄成虫的(-19.69℃)( $t_{12} = 2.7583$ ,  $t_1 = 3.3502$ ,  $P < 0.05$ ),而11月下旬、2月下旬和3月下旬3个时期内雌雄成虫间过冷却点差

异不显著( $t_{11}=0.8632, t_2=1.0249, t_3=1.7785, P>0.05$ )。可以认为在隆冬期的雌成虫耐寒力比雄成虫的高。

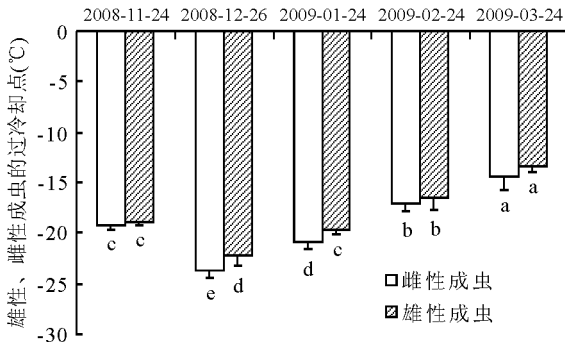


图4 苜蓿叶象甲越冬期雌雄成虫的过冷却点

注:不同小写字母表示同一性别成虫不同时期差异显著( $P<0.05$ )。图5同。

苜蓿叶象甲雌雄成虫的冰点随时间的变化趋势与过冷却点的一致(图5),均是在12月下旬最低,3月下旬时最高,除11月下旬雌成虫冰点略高于雄成虫外,其他各时期内均为雌成虫冰点低于雄成虫。但经 $t$ 检验表明,仅12月下旬和1月下旬中雌雄成虫的冰点差异显著( $t_{12}=4.2644, t_1=3.8541, P<0.05$ ),其他各时期内差异不显著( $t_{11}=0.5977,$

$t_2=0.3521, t_3=0.4109, P>0.05$ )。

**2.4 苜蓿叶象甲成虫在不同温度下的致死时间** 在冷暴露条件下,随温度的降低,苜蓿叶象甲成虫半致死时间( $LT_{50}$ )也相应缩短,-10°C时的半致死时间为17.6 h,-30°C时下降到24.7 min,时间骤然缩短(表1)。苜蓿叶象甲成虫死亡90%的时间( $LT_{90}$ )随温度的变化趋势同 $LT_{50}$ 的变化趋势一致,-10°C时 $LT_{90}$ 为47.2 h,当温度下降到-30°C时, $LT_{90}$ 也骤然缩短到49.5 min。由此可见,当温度低于过冷却点温度时,苜蓿叶象甲成虫的死亡时间明显缩短。

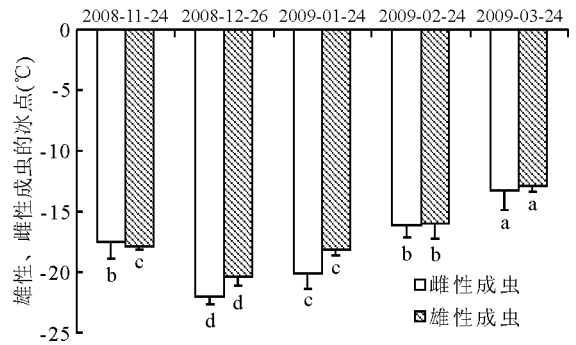


图5 苜蓿叶象甲越冬期雌雄成虫的冰点

表1 苜蓿叶象甲成虫不同温度下死亡率回归方程及 $LT_{50}$ 、 $LT_{90}$ 值

温度(°C)	回归方程	$R^2$	$LT_{50}$	$LT_{90}$
-10	$y=0.0061x^2-0.1121x+7.9184$	0.9861	17.6 h	47.2 h
-15	$y=0.0293x^2-0.9329x+48.4350$	0.9795	75.0 min	201.8 min
-20	$y=0.0121x^2-0.3604x+27.9400$	0.9303	40.2 min	93.5 min
-25	$y=0.0063x^2-0.1166x+16.1420$	0.9337	26.1 min	56.7 min
-30	$y=0.0046x^2-0.0229x+14.3010$	0.9609	24.7 min	49.5 min

### 3 讨论与结论

许多关于昆虫耐寒性的报道中都将过冷却点作为衡量其耐寒能力强弱的一项重要指标,过冷却点越低,说明其抵御严寒的能力越强。景晓红和康乐<sup>[16]</sup>指出,昆虫耐寒性大小因发育阶段不同而表现出一定差异。甜菜夜蛾(*Spodoptera exigua*)不同虫态的耐寒性由强至弱分别是蛹、幼虫、成虫和卵<sup>[17]</sup>。椰心叶甲(*Brontispa longissima*)以蛹和卵的耐寒能力最强,成虫的耐寒力位居其次,幼虫的耐寒力最低<sup>[18-19]</sup>。本研究发现,苜蓿叶象甲不同发育阶段的耐寒性亦存在明显差异,成虫的耐寒力最高,长、短翅型蛹及三、四龄幼虫的耐寒力最低。对苜蓿叶象

甲卵以及每一虫态中不同发育阶段的耐寒力还有待进一步研究。

苜蓿叶象甲长翅型成虫和短翅型成虫间过冷却点和冰点差异均不显著。说明翅型对苜蓿叶象甲越冬成虫耐寒力影响不大。但同一翅型成虫在不同时期的过冷却点差异显著,隆冬期耐寒力最强,翌年3月末,耐寒力最弱,虽然该时期苜蓿叶象甲成虫已逐步解除滞育,但为适应倒春寒其仍具有抵御低温(-14~-13°C)的能力。这一点与凹唇壁蜂(*Osmia excavata*)<sup>[20]</sup>以及斯氏伞锥象(*Coniatus steveni*)<sup>[15]</sup>越冬成虫的结果较一致。

在一定时期内,苜蓿叶象甲耐寒能力因其性别

不同而有差异。本研究显示,12月下旬苜蓿叶象甲雌成虫比雄成虫的过冷却点显著低 $1.47^{\circ}\text{C}$ ,1月下旬雌成虫比雄成虫的过冷却点显著低 $1.17^{\circ}\text{C}$ ,而11月下旬、2月下旬和3月下旬雌雄成虫之间过冷却点差异均不显著。苜蓿叶象甲雌雄成虫的冰点变化趋势与过冷却点的变化一致,12月下旬和1月下旬雌成虫冰点比雄成虫的显著低 $1.73$ 和 $2.01^{\circ}\text{C}$ 。由此说明,隆冬时节苜蓿叶象甲雌成虫的耐寒力比雄成虫的耐寒力显著高 $1\sim 2^{\circ}\text{C}$ 。本研究结果与龙眼长跗萤叶甲(*Monolepta occifuvivis*)成虫过冷却点结果基本一致。龙眼长跗萤叶甲雌虫体过冷却点 $-10.75^{\circ}\text{C}$ ,雄虫体过冷却点 $-8.88^{\circ}\text{C}$ <sup>[21]</sup>。由于苜蓿叶象甲成虫在苜蓿地残株落叶下或裂缝中滞育越冬,场所较隐蔽,所以综合分析得出,苜蓿叶象甲在乌鲁木齐冬季至少可以耐受 $-24\sim -22^{\circ}\text{C}$ 的低温。而且不论性别和翅型,苜蓿叶象甲成虫的耐寒力均与季节变化趋势紧密相关,这与昆虫的耐寒性理论<sup>[18]</sup>一致。

有学者用低温存活的半致死时间来确定昆虫的耐寒性,景晓红和康乐<sup>[22]</sup>指出,过冷却点不能作为昆虫耐寒性的唯一指标,这是因为有些不耐结冰的昆虫,在其过冷却点以上的亚致死温度则发生大量死亡。Bale<sup>[23]</sup>将昆虫的耐寒性分为5类,即耐结冰的、避免结冰的、耐受寒冷的、寒冷敏感的和机会主义的。本研究显示,苜蓿叶象甲在 $-10^{\circ}\text{C}$ 条件下半致死时间 $17.6\text{ h}$ ,在 $-15^{\circ}\text{C}$ 时的 $\text{LT}_{50}$ 只需 $75.0\text{ min}$ 。对于苜蓿叶象甲是否为上述所指的不耐结冰昆虫,以及具体属于Bale所划分的5类中的哪一类,苜蓿叶象甲耐寒性的生理机制如何等问题都还有待于进一步研究。

## 参考文献

- [1] 王玉祥,陈爱萍,张博.不同苜蓿品种耐盐性初探[J].草业科学,2010,27(3):102-106.
- [2] 王玉祥,张博,王涛.盐胁迫对苜蓿叶绿素、甜菜碱含量和细胞膜透性的影响[J].草业科学,2009,26(3):53-56.
- [3] 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.
- [4] Edminster C, Miller D, Moutry J. American alfalfa[J]. Animal Science Veterinary Medicine, 1989, 18(4): 58-61.
- [5] Ivan J T, Gutierrez A P, Lyons J M. Integrated Pest Management For Alfalfa Hay[M]. USA: University of California, 1981: 56.
- [6] 张学祖.新疆苜蓿害虫及其综合防治[J].新疆农业科学,1962(4):160-163.
- [7] 朱晓峰.苜蓿叶象甲寄生性天敌种类及苜蓿叶象啮小蜂生物学特性的研究[D].乌鲁木齐:新疆农业大学,2006:47.
- [8] 赵莉,刘芳政.苜蓿叶象甲发育起点温度和有效积温的研究[J].新疆农业科学,1994(4):170-171,183.
- [9] 王春华,赵莉,王万林,等.苜蓿叶象甲自然种群生命表的初步研究[J].新疆农业大学学报,2006,29(1):24-27.
- [10] 赵莉,曲延英,张艺,等.苜蓿叶象甲不同发育期酯酶和过氧化物同工酶的比较[J].新疆农业科学,2004,41(5):268-271.
- [11] 罗都强,刘芳正.苜蓿叶象甲卵块在苜蓿植株上垂直分布的研究[J].昆虫知识,1996,33(1):35-38.
- [12] 朱晓峰,赵莉,美丽开.苜蓿叶象啮小蜂生物学特性的初步研究[J].新疆农业大学学报,2006,29(1):19-23.
- [13] 朱晓峰,赵莉,刘倩.苜蓿叶象啮小蜂寿命及产卵量的研究[J].环境昆虫学报,2008,30(1):83-85.
- [14] 秦玉川,杨建才.一种便携式测定昆虫过冷却点的方法[J].昆虫知识,2000,47(4):236-238.
- [15] 武云霞.斯氏伞锥象生态学[D].乌鲁木齐:新疆农业大学农学院,2008:35-49.
- [16] 景晓红,康乐.昆虫耐寒性研究[J].生态学报,2002,22(12):2202-2207.
- [17] 江幸福,罗礼智,李克斌,等.甜菜夜蛾抗寒与越冬能力研究[J].生态学报,2001,10(10):1575-1582.
- [18] 肖广江,曾玲,李庆,等.椰心叶甲的耐寒力测定[J].昆虫知识,2006,43(4):527-530.
- [19] 刘奎,彭正强,李文德,等.椰心叶甲过冷却点的测定[J].植物检疫,2005,19(1):24-26.
- [20] 魏永平,袁锋,张雅林.凹唇壁蜂的耐寒性及生殖潜力研究[J].昆虫知识,2001,38(2):122-124.
- [21] 杨朗,贤振华,邓国荣,等.龙眼长跗萤叶甲成虫耐寒性及卵的发育起点温度和有效积温的研究[J].中国农学通报,2009,25(2):196-198.
- [22] 景晓红,康乐.昆虫耐寒性的测定与评价方法[J].昆虫知识,2004,40(1):7-10.
- [23] Bale J S. Insect cold hardiness: a matter of life and death[J]. European Journal Entomology, 1996, 93: 369-382.

## Cold hardiness of *Hypera postica*

ZHANG Na, LIU Chang-yue, WU Yun-xia, ZHAO Li

(College of Agronomy, Key Laboratory of Grassland Resources and Ecology of Xinjiang,  
Xinjiang Agricultural University, Xinjiang Urumqi 830052, China)

**Abstract:** Supercooling point and freezing point in all stages and overwintering adults of *Hypera postica* were measured in a laboratory population. The results showed that the mean supercooling point of adult, normal-wing pupae, vestigial-wing pupae, 4th and 3rd instar larvae were  $-20.46^{\circ}\text{C}$ ,  $-10.34^{\circ}\text{C}$ ,  $-9.55^{\circ}\text{C}$ ,  $-10.0^{\circ}\text{C}$ ,  $9.75^{\circ}\text{C}$ , respectively while their freezing point were  $-18.24^{\circ}\text{C}$ ,  $-6.68^{\circ}\text{C}$ ,  $-6.52^{\circ}\text{C}$ ,  $-7.52^{\circ}\text{C}$ ,  $-7.86^{\circ}\text{C}$ . The supercooling point and freezing point of adult were the lowest. There were no significant differences between pupae and 3rd, 4th larvae in supercooling point and freezing point. The difference of adults which were in different wing-type was not significant. During late December and late January, the supercooling point of female adult was lower than male adult. Thus, it revealed stronger cold hardiness in adult stage than in other stages. The effect of two wing types were no significant differences, and the sex brought significant differences with the temperature decreasing.

**Key words:** *Hypera postica*; cold hardiness; supercooling points; freezing points

欢迎投稿

欢迎订閱

《草业科学》

《草业科学》由中国草学会、兰州大学草地农业科技学院共同主办,是草业科技与信息交流的重要窗口,旨在沟通国内外草业科学信息,推进草业科学研究,推广草业科学技术成果,培养草业科学人才。主要刊载国内外草业科学及其相关领域,如畜牧学、农学、生态学、林学、经济学和管理学等领域的创新性研究论文、综述、专论和学科前沿动态等。

《草业科学》是英国 CABI 文献数据库来源期刊,中国科学引文数据库(CSCD)来源期刊,入选全国中文核心期刊,中国科技核心期刊,中国农业核心期刊。2010 年版科技部中国科技信息所《中国科技期刊引证报告》统计影响因子上升为 1.606,在全国畜牧、兽医科学类期刊中排名第 2 位;总被引频次上升为 2595,在全国畜牧、兽医科学类期刊中排名第 1 位。

本刊为月刊,大 16 开本,彩色封面,国内外公开发行,邮发代号 54-51,每期定价 12 元,全年 144 元。全国各地邮局均可订閱,也可直接与本刊编辑部联系订閱。

标准刊号:ISSN 1001-0629

CN 62-1069/S

邮发代号:54-51

编辑部地址:兰州市城关区嘉峪关西路 768 号 《草业科学》编辑部

邮编:730020

电话:(0931)8912486

E-mail:cykx@lzu.edu.cn

网址:http://cykx.lzu.edu.cn