

3 种寄主植物对白刺夜蛾生长发育、繁殖和寿命的影响

胡桂馨^{1*}, 勾文山¹, 马维新², 孔建宏², 唐玲², 孙尧德²

(1. 甘肃农业大学草业学院, 国家林业和草原局高寒草地鼠害防控工程技术研究中心, 兰州 730070;

2. 甘肃省武威市民勤县草原工作站, 武威 733399)

摘要 白刺夜蛾 *Leiomatopon simyrides* 是荒漠植物白刺的重要害虫, 为明确寄主植物对白刺夜蛾生长发育的影响, 以便对其进行科学监测和防控, 本研究在 27℃ 下, 利用 3 种寄主植物(大果白刺、泡泡刺、唐古特白刺)饲养白刺夜蛾, 观察记录白刺夜蛾幼虫的取食量、各阶段的发育历期、存活率、羽化率、雌雄性比和成虫寿命等生物学特性, 同时测定各寄主植物叶片的营养和次生代谢物质含量。结果表明, 白刺夜蛾幼虫取食大果白刺叶片的总量最少, 取食唐古特白刺的量最多。取食唐古特白刺的白刺夜蛾幼虫发育历期最短, 其次为取食泡泡刺, 取食大果白刺时历期最长。取食泡泡刺和唐古特白刺后, 白刺夜蛾幼虫的存活率和羽化率较高, 取食大果白刺存活率最低, 且无成虫羽化。在唐古特白刺上, 白刺夜蛾雌虫占比较高, 成虫寿命较长。大果白刺的叶片总酚含量和简单酚含量最高, 各营养物质含量最低, 不利于白刺夜蛾的生长发育; 唐古特白刺和泡泡刺酚类物质含量较低, 营养物质含量较高, 较适宜白刺夜蛾的生长发育和繁殖。唐古特白刺为白刺夜蛾的最适宜寄主植物, 其次为泡泡刺。

关键词 白刺; 白刺夜蛾; 生长发育; 取食量; 营养物质; 次生代谢物质

中图分类号: S 433.4 **文献标识码:** A **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2022705

Effects of three host plants on the growth, development, reproduction and longevity of *Leiomatopon simyrides* (Lepidoptera: Noctuidae)

HU Guixin^{1*}, GOU Wenshan¹, MA Weixin², KONG Jianhong², TANG Ling², SUN Yaode²

(1. Pratacultural College, Gansu Agricultural University, Engineering and Technology Research Center for Alpine Rodent Pest Control, National Forestry and Grassland Administration, Lanzhou 730070, China; 2. Minqin County Grassland Workstation of Wuwei City, Gansu Province, Wuwei 733399, China)

Abstract *Leiomatopon simyrides* is an important leaf-feeding pest insect of *Nitraria* spp. To explore the influence of host plants on the growth and development of *L. simyrides* and provide a foundation for monitoring and controlling this pest, *Nitraria roborowskii*, *N. sphaerocarpa* and *N. tangutorum* were used to raise *L. simyrides* at constant temperature 27℃, and the biological characteristics of *L. simyrides*, such as the developmental duration, survival rate at various developmental stages, emergence rate, sex ratio and longevity of adult were observed and recorded. At the same time, the contents of nutrient and secondary metabolites in the leaves of three host plants were measured. The results showed that the total leaf consumption was the least when *L. simyrides* fed with *N. roborowskii*, and the most on *N. tangutorum*. The developmental duration of *L. simyrides* was the shortest when fed with *N. tangutorum*, followed by those fed with *N. sphaerocarpa*, and the developmental duration was the longest when fed with *N. roborowskii*. The survival rate of larvae and emergence rate of *L. simyrides* were higher when fed with *N. sphaerocarpa* and *N. tangutorum*. The survival rate of larvae was the lowest without adult emergence when fed with *N. roborowskii*. The female adult proportion of *L. simyrides* was the highest when larvae were fed with *N. tangutorum*, while the adult longevity was the longest. The contents of total phenol and simple phenol in *N. roborowskii* leaves were the highest, and the lowest in *N. tangutorum*. The content of

收稿日期: 2022-11-08

修订日期: 2022-12-11

基金项目: 国家自然科学基金(31960350); 民勤县荒漠草原主要害虫调查与监测试点项目(XZ20200610)

* 通信作者 E-mail: huguixin@gsau.edu.cn

nutrients in *N. roborowskii* leaves was the lowest, but higher in *N. tangutorum* and *N. sphaerocarpa*. *N. tangutorum* and *N. sphaerocarpa* were suitable for the growth, development and reproduction of *L. simyrides*. *N. tangutorum* was the optimum plant for *L. simyrides*, followed by *N. sphaerocarpa*.

Key words *Nitraria* spp.; *Leiometon simyrides*; growth and development; leaf consumption; nutrient substance; secondary metabolite

白刺 *Nitraria* spp. 为蒺藜科植物, 属旱生或超旱生灌木、小灌木, 广布于我国北方的湖盆沙地、绿洲外围沙地、山前平原、盐渍化沙地等干旱地带^[1], 是荒漠草原生态系统的重要建群种。在甘肃省, 白刺主要分布于河西走廊荒漠草原区域, 种类包括大果白刺 *Nitraria roborowskii*、唐古特白刺 *N. tangutorum*、泡泡刺 *N. sphaerocarpa* 和小果白刺 *N. sibirica* 等, 总面积约 18.8 万 hm^2 ^[2-3]。白刺在沙埋后能迅速生出不定根, 扩展枝叶、积沙成丘, 具有拦蓄固定大量流沙的功能^[4], 对维持恶劣的荒漠生态系统稳定性具有重要作用。

白刺夜蛾 *Leiometon simyrides* 又名白刺毛虫、僧夜蛾, 属鳞翅目 Lepidoptera, 夜蛾科 Noctuidae, 是专食白刺的暴发性害虫。在内蒙古、甘肃和宁夏地区, 白刺夜蛾一年可发生 3 代, 其幼虫取食白刺叶片, 发生严重时吃光整株叶片, 严重影响白刺的存活与生长^[5-7]。若遇长期干旱, 白刺夜蛾的过度取食可致使白刺枯死, 导致固定、半固定沙丘变为流动沙丘, 加剧荒漠草原的沙漠化。

对于专食性害虫, 寄主植物的分布决定了其分布范围^[8]。研究不同寄主植物对害虫的生长发育及繁殖的影响, 可判断其不同寄主植物上的发生时间和蔓延速度, 从而确定害虫的防治面积及其重点监测区域。本研究选择河西走廊荒漠草原分布较广的 3 种白刺, 在最适温度下饲喂白刺夜蛾, 观察记录其各阶段的发育历期、取食量、存活率和成虫寿命等生物学特性, 分析探讨影响白刺夜蛾生命参数的寄主营养代谢因素, 明确白刺夜蛾的最适宜寄主植物, 进而为确定白刺夜蛾在荒漠草原的扩散分布和重点防治区域、监测区域提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试白刺

试验用白刺共 3 种: 大果白刺 *Nitraria roborowskii*、唐古特白刺 *N. tangutorum* 和泡泡刺 *N. sphaerocarpa*。其中泡泡刺和大果白刺枝条采自民勤荒漠草原, 唐古特白刺枝条采自兰州周边荒漠草原, 均为

当季新生枝条, 目测叶片的幼嫩程度相对一致。

1.2 供试白刺夜蛾

2021 年 5 月 5 日, 在甘肃省武威市民勤县红沙岗镇荒漠草原采集带有白刺夜蛾卵块的白刺枝条, 在室内养虫箱, 于 $(27 \pm 0.1)^\circ\text{C}$ 、光周期 L/D=14 h//10 h, 相对湿度为 $(30 \pm 5)\%$ 条件下饲养 1 代, 所得初孵幼虫用于试验。

1.3 白刺夜蛾幼虫在 3 种白刺上的取食量测定

取食试验在温度为 $(27 \pm 0.1)^\circ\text{C}$, 光照周期 L/D=14 h//10 h, 相对湿度 $(30 \pm 5)\%$ 的养虫箱 (YCX-250 型, 上海跃进医疗器械有限公司) 中进行。剪取大果白刺、唐古特白刺、泡泡刺的新鲜短枝, 枝条长度不超过养虫罐高度的 2/3, 分别置于 3 个透明养虫罐 (直径 6.5 cm, 高 6.5 cm) 底部, 枝条下端包裹湿润棉球保持枝条叶片鲜活。用小毛笔将初孵白刺夜蛾幼虫移至白刺叶片上, 每罐 10 头初孵幼虫, 每种寄主植物重复 5 罐, 共计 50 头初孵幼虫, 标记罐号。每天 9:00—11:00 定时更换新鲜完整的短枝, 放入前用分析天平 (Sartorius BAS124S, 感量 0.1 mg) 称量, 次日早晨取出短枝, 清理上面残留的粪便后称重, 观察记录幼虫的蜕皮、存活状况。试验过程中如有幼虫死亡, 及时补充以同期同条件同寄主饲喂的同龄幼虫。幼虫进入 4 龄后, 移入直径 10 cm×高 15 cm 的透明塑料养虫罐中继续饲喂, 每罐 5 头, 直至幼虫老熟不再取食。试验设置不接虫空白对照, 称取与接虫处理白刺短枝重量相近的新鲜白刺短枝, 记录为 m , 与饲虫罐保持同等条件, 次日再称重, 记录为 m_1 , 以校正短枝因水分蒸发而影响的取食量。校正取食量计算方法^[9]如下:

校正取食量 = $W - [L + (aW + bL)/2]$, 式中 W 为取食前短枝重量, L 为取食后短枝重量; $a = (m - m_1)/m$; $b = (m - m_1)/m_1$ 。

1.4 取食不同寄主植物的白刺夜蛾生长发育、存活率及成虫寿命观测

剪取长短适宜, 大小相近的大果白刺、唐古特白刺、泡泡刺的新鲜短枝, 分别置于 3 个透明养虫罐 (直径 6.5 cm, 高 6.5 cm) 底部, 枝条下端包裹湿润

棉球保持白刺叶片鲜活。用小毛笔将初孵白刺夜蛾幼虫移至白刺叶片上,每罐 10 头初孵幼虫,每种寄主植物重复 10 罐,标记罐号。每天 9:00—11:00 定时观察记录幼虫的蜕皮、存活状况,并及时滴水保鲜寄主植物,及时更换新鲜白刺短枝,清理粪便。大果白刺饲喂的幼虫由于存活率低,进入 3 龄后分为 5 罐饲养,每罐 5 头左右。其他寄主饲喂的幼虫进入 4 龄后,移入直径 10 cm,高 15 cm 的透明塑料罐中继续饲喂,每罐 5 头,直至幼虫老熟。

在直径 8 cm,高 15 cm 的透明塑料养虫罐中装入 3 cm 深的干净沙土,滴加纯净水使沙土湿度达到 10%,此后保持自然状态,标记罐号。移入同号罐内不再取食的老熟幼虫,待幼虫完全入土后,开始记录蛹的发育历期。在沙面上化蛹者,其吐丝时开始记录。每天定时观察,记录各罐中蛹的羽化时间和雌雄成虫的性比与寿命。

各虫期存活率 = $\frac{[\text{各虫期初始虫口数} - (\text{各虫期死亡} + \text{不正常虫口数})]}{\text{各虫期初始虫口数}} \times 100\%$ 。

1.5 白刺叶片酚类物质含量测定

将 3 种白刺叶片于 105℃ 下杀青 10~15 min, 60℃ 下烘干至恒重,粉碎,过 100 目筛。各称取 200 mg,分别置于 50 mL 的离心管中,加入 70% 丙酮水溶液 10 mL,在超声波水浴仪中室温浸提 20 min 后,4℃、955 g 离心力下离心 10 min,取上清液于 4℃ 保存。将 5 mL 70% 丙酮水溶液分 2 次滴入离心管中洗涤剩余残渣,依照以上方法再处理 1 次,将所得上清液倒入 25 mL 容量瓶中,用 70% 丙酮溶液定容后待测。采用 Folin-Ciocalteu 试剂比色法^[10]测定 3 种寄主植物样品中总酚含量和简单酚含量。

总酚含量测定:取 5 mL 提取液于 100 mL 容量瓶中,用蒸馏水定容。取 1 mL 提取液于 10 mL 的容量瓶中,再移入 5 mL 的 Folin-Ciocalteu 显色试剂,用 7.5% 的碳酸钠溶液定容至刻度,摇匀,静置 20 min,在 725 nm 处测吸光度。

简单酚含量测定:称取 100 mg 聚乙烯吡咯烷酮(PVPP)于 5 mL 离心管中,加 1 mL 蒸馏水和 0.5 mL 提取液。在 4℃ 下静置 15 min,925 g 离心力下离心 15 min。收集上清液于 10 mL 的容量瓶中,加 5 mL Folin-Ciocalteu 显色试剂,再用 7.5% 的碳酸钠溶液定容至刻度。静置 30 min,在 725 nm

处测吸光度。

1.6 白刺叶片可溶性糖、淀粉和游离氨基酸含量的测定

取 3 种新鲜白刺叶片,带回室内。将叶片摘下洗净晾干,包于锡箔纸,每种植物处理 5 个重复,立即放入液氮中速冻,置于一 80℃ 冰箱中保存,用于测定营养物质含量。将样品取出 60℃ 烘干、研磨,准确称取 0.100~0.300 g,放入 20 mL 带刻度试管中,加入 10 mL 蒸馏水,塑料薄膜封口,于沸水中提取 30 min(提取 2 次),提取液过滤入 25 mL 容量瓶中,反复冲洗试管及残渣,蒸馏水定容。

1.6.1 可溶性糖含量测定

采用蒽酮比色法测定^[11]。吸取样品提取液 0.5 mL 于 20 mL 刻度试管中,加蒸馏水 1.5 mL,然后按顺序向试管中加入 0.5 mL 蒽酮乙酸乙酯试剂和 5 mL 浓硫酸,充分振荡,立即放入沸水浴中,保温 1 min,取出后自然冷却至室温,空白作参照,在 630 nm 波长下测定吸光度。用标准的蔗糖溶液做标准曲线,求出标准线性方程,计算样品可溶性糖含量。

1.6.2 淀粉含量测定

将提取可溶性糖以后的样品残渣,移入 50 mL 容量瓶中,加 20 mL 热蒸馏水,放入沸水浴中煮沸 15 min,再加入 9.2 mol/L 高氯酸 2 mL 提取 15 min,冷却后混匀,用滤纸过滤,并用蒸馏水定容至刻度。测定方法同 1.6.1,用标准淀粉溶液做标准曲线,计算样品淀粉含量。

1.6.3 游离氨基酸含量测定

采用水合茚三酮法测定^[11]。准确称取 3 种新鲜白刺叶片各 1.00 g,加入 5 mL 10% 醋酸研磨,离心取上清液 0.25 mL,用 pH 5.4 醋酸缓冲液定容至 5 mL 为待测液。吸取 2 mL 待测液加 3 mL 水合茚三酮和 0.5 mL 0.1% 的抗坏血酸溶液,盖上盖子,摇匀后置沸水浴中加热 15 min,取出间歇冷却 15 min,摇匀,在 580 nm 波长下比色,在标准曲线上查得氨基酸含量(以亮氨酸为标准)。

1.7 数据统计分析

试验各处理的蛹发育历期、产卵前期和总发育历期以及蛹羽化率和成虫寿命采用 *t* 检验进行分析;成虫性比采用卡方检验法进行检验;存活率数据在方差分析前进行平方根反正弦转换,各指标采用 ANOVA 单因素方差分析检验。试验数据统计计算

利用 SPSS 24.0 软件。

2 结果与分析

2.1 白刺夜蛾幼虫对不同寄主植物叶片的取食量

白刺夜蛾各龄幼虫在 3 种寄主上的取食量存在

显著差异,其中对大果白刺的取食量最低(表 1)。1、2 龄幼虫对泡泡刺叶片取食量最高,3、4、5 龄和整个幼虫期对唐古特白刺的取食量均最高。从 3 龄幼虫开始取食量大幅增加,5 龄出现暴食现象,取食量占整个幼虫期取食量的 80%以上。

表 1 白刺夜蛾幼虫对各寄主植物的取食量¹⁾

寄主植物 Host plant		取食量/mg Food consumption		
		1 龄幼虫 1st instar	2 龄幼虫 2nd instar	3 龄幼虫 3rd instar
大果白刺	<i>Nitraria roborowskii</i>	(12.20±2.81)b	(21.03±1.02)c	(30.83±2.66)b
泡泡刺	<i>Nitraria sphaerocarpa</i>	(26.08±4.15)a	(58.99±6.41)a	(132.26±8.87)a
唐古特白刺	<i>Nitraria tangutorum</i>	(24.00±1.20)a	(37.53±5.12)b	(157.18±7.53)a
F 检验统计参数 Statistical parameter		$F_{2,12}=6.33;P=0.013$	$F_{2,12}=14.13;P=0.001$	$F_{2,12}=12.90;P=0.015$
寄主植物 Host plant		取食量/mg Food consumption		
		4 龄幼虫 4th instar	5 龄幼虫 5th instar	幼虫期 Larval stage
大果白刺	<i>Nitraria roborowskii</i>	(212.54±26.09)b	(1 905.43±183.67)c	(2 182.02±208.51)c
泡泡刺	<i>Nitraria sphaerocarpa</i>	(479.17±20.06)a	(3 118.03±43.65)b	(3 814.53±52.28)b
唐古特白刺	<i>Nitraria tangutorum</i>	(559.23±72.54)a	(4 322.68±173.34)a	(5 100.62±193.24)a
F 检验统计参数 Statistical parameter		$F_{2,12}=33.94;P=0.011$	$F_{2,12}=68.34;P=0.000$	$F_{2,12}=78.99;P=0.000$

1) 表中数据均为平均值±标准误;同列不同小写字母表示幼虫同一发育阶段在不同寄主植物上的取食量间差异显著($P<0.05$)。下同。
Data are mean±standard error. The different lowercase letters in the same column indicate significant differences among the same stage feeding on different host plants ($P<0.05$). The same applies below.

2.2 取食不同寄主植物白刺夜蛾的发育历期

除取食泡泡刺后 5 龄幼虫的发育历期与取食唐古特白刺后的 5 龄幼虫发育历期相同外,其他龄期幼虫的发育历期均为:取食大果白刺的最长,取食唐

古特白刺的最短(表 2)。取食大果白刺后,白刺夜蛾蛹不能羽化为成虫,取食泡泡刺后,产卵前期显著缩短,为 1.9 d。取食唐古特白刺后白刺夜蛾的总发育历期最短。

表 2 不同寄主植物饲喂条件下白刺夜蛾各虫态的发育历期

Table 2 Developmental durations of <i>Leiometopon simyrides</i> feeding on different host plants						
寄主植物 Host plant		发育历期/d		Developmental duration		
		1 龄幼虫 1st instar	2 龄幼虫 2nd instar	3 龄幼虫 3rd instar	4 龄幼虫 4th instar	5 龄幼虫 5th instar
大果白刺	<i>Nitraria roborowskii</i>	(5. 8±0. 2)a	(3. 9±0. 1)a	(4. 0±0. 1)a	(4. 5±0. 4)a	(6. 9±0. 2)a
泡泡刺	<i>Nitraria sphaerocarpa</i>	(4. 3±0. 2)b	(3. 1±0. 1)b	(3. 1±0. 2)b	(4. 0±0. 2)a	(4. 7±0. 3)b
唐古特白刺	<i>Nitraria tangutorum</i>	(4. 0±0. 0)b	(3. 0±0. 0)b	(2. 2±0. 1)c	(3. 5±0. 1)b	(4. 7±0. 1)b
F 或 t 检验统计参数 Statistical parameter		$F_{2,27}=34.28;$ $P=0.000$	$F_{2,27}=20.21;$ $P=0.000$	$F_{2,12}=53.69;$ $P=0.000$	$F_{2,12}=4.28;$ $P=0.001$	$F_{2,12}=130.70;$ $P=0.000$
寄主植物 Host plant		发育历期/d		Developmental duration		
		幼虫期 Larval stage	蛹 Pupa	产卵前期 Oviposition prophase	总发育历期 Total duration	
大果白刺	<i>Nitraria roborowskii</i>	(25. 1±0. 1)a	—	—	—	
泡泡刺	<i>Nitraria sphaerocarpa</i>	(19. 2±0. 7)b	(13. 8±0. 7)a	(1. 9±0. 1)b	(34. 9±1. 1)a	
唐古特白刺	<i>Nitraria tangutorum</i>	(16. 4±0. 2)c	(12. 5±0. 4)a	(2. 4±0. 2)a	(31. 4±0. 4)b	
F 或 t 检验统计参数 Statistical parameter		$F_{2,12}=131.73;P=0.000$	$t=5.58;df=8;$ $P=0.075$	$t=-2.44;df=8;$ $P=0.041$	$t=3.08;df=8;$ $P=0.015$	

2.3 取食不同寄主植物白刺夜蛾幼虫的存活率

取食大果白刺后白刺夜蛾各龄期幼虫的存活率均最低,在 1、2、3 龄阶段,取食唐古特白刺后白刺夜

蛾幼虫存活率最高;在 4、5 龄阶段,取食泡泡刺的幼虫存活率最高;各龄期幼虫的存活率在取食泡泡刺与唐古特白刺之间差异不显著(表 3)。

表 3 不同寄主植物饲喂条件下白刺夜蛾各龄期存活率

Table 3 Survival rates of *Leimetopon simyrides* larvae at different instars feeding on different host plants

寄主植物 Host plant	存活率/% Survival rate		
	1 龄幼虫 1st instar	2 龄幼虫 2nd instar	3 龄幼虫 3rd instar
大果白刺 <i>Nitraria roborowskii</i>	(50.00±5.48)b	(75.00±11.62)b	(74.76±10.64)b
泡泡刺 <i>Nitraria sphaerocarpa</i>	(94.18±5.93)a	(98.00±2.00)a	(97.14±2.86)a
唐古特白刺 <i>Nitraria tangutorum</i>	(98.00±2.00)a	(100.00±0.00)a	(100.00±0.00)a
<i>F</i> 检验统计参数 Statistical parameter	$F_{2,27}=101.56; P=0.000$	$F_{2,27}=9.37; P=0.001$	$F_{2,12}=4.27; P=0.031$

寄主植物 Host plant	存活率/% Survival rate		
	4 龄幼虫 4th instar	5 龄幼虫 5th instar	幼虫期 Larval stage
大果白刺 <i>Nitraria roborowskii</i>	(68.33±14.53)b	(80.00±12.25)a	(14.00±2.45)b
泡泡刺 <i>Nitraria sphaerocarpa</i>	(100.00±0.00)a	(96.67±3.33)a	(86.67±8.12)a
唐古特白刺 <i>Nitraria tangutorum</i>	(97.78±2.22)a	(91.00±4.58)a	(92.00±7.74)a
<i>F</i> 检验统计参数 Statistical parameter	$F_{2,12}=4.34; P=0.038$	$F_{2,12}=1.35; P=0.294$	$F_{2,12}=241.59; P=0.000$

2.4 取食不同寄主植物白刺夜蛾的羽化率、性比和成虫寿命

取食大果白刺的白刺夜蛾无成虫羽化。取食唐古特白刺的白刺夜蛾羽化率、成虫寿命与取食泡泡刺差异不显著,性比符合 1:1(表 4)。

2.5 寄主植物叶片中的各营养及次生代谢物质含量

3 种白刺叶片中的营养成分含量差异显著(表 5)。

唐古特白刺叶片中的可溶性糖和淀粉含量与泡泡刺叶片中的含量无显著差异,游离氨基酸含量则显著低于泡泡刺中的含量。大果白刺叶片中的可溶性糖和游离氨基酸含量均显著低于唐古特白刺和泡泡刺,淀粉含量显著低于唐古特白刺,但与泡泡刺差异不显著。大果白刺的总酚和简单酚含量最高,与泡泡刺、唐古特白刺差异显著,唐古特白刺总酚和简单酚含量最低。

表 4 取食不同寄主植物后白刺夜蛾的羽化率、雌雄性比和成虫寿命

Table 4 Emergence rates, sex ratios and adult lifespan of *Leimetopon simyrides* feeding on different host plants

寄主植物 Host plant	羽化率/% Emergence rate	成虫寿命/d Longevity	性比 Sex ratio	
			♀:♂	$P(\chi^2)$
泡泡刺 <i>Nitraria sphaerocarpa</i>	88.33±3.53	5.5±0.3	1:1.12	0.125
唐古特白刺 <i>Nitraria tangutorum</i>	79.89±4.24	5.9±0.4	1.03:1	0.271
<i>t</i> 检验统计参数 Statistical parameter	$t=2.92; df=8; P=0.0702$	$t=-0.71; df=8; P=0.358$		

表 5 不同白刺叶片中的营养与次生代谢物质含量

Table 5 Contents of nutrient and secondary metabolites in different leaves of *Nitraria*

寄主植物 Host plant	可溶性糖含量/ (mg/g)	淀粉含量/ (mg/g)	游离氨基酸含量/ (mg/g)	总酚含量/ (mg/g)	简单酚含量/ (mg/g)
	Soluble sugar	Starch	Free amino acid	Total phenolics	Simple phenolic
唐古特白刺 <i>Nitraria tangutorum</i>	(57.30±3.77)a	(3.41±0.74)a	(3.81±0.05)b	(19.76±0.17)b	(4.97±0.05)c
泡泡刺 <i>Nitraria sphaerocarpa</i>	(55.00±0.91)a	(1.95±0.31)ab	(4.54±0.10)a	(20.31±0.36)b	(6.06±0.11)b
大果白刺 <i>Nitraria roborowskii</i>	(27.70±2.01)b	(1.01±0.22)b	(1.13±0.08)c	(23.26±0.51)a	(9.85±0.06)a
<i>F</i> 检验统计参数 Statistical parameter	$F_{2,12}=299.54;$ $P=0.000$	$F_{2,12}=22.32;$ $P=0.000$	$F_{2,12}=1\ 664.48;$ $P=0.000$	$F_{2,12}=85.02$ $P=0.000$	$F_{2,12}=3\ 642.80;$ $P=0.000$

3 结论与讨论

昆虫对不同寄主植物的取食量,在一定程度上体现了其对不同寄主植物的偏好,结合昆虫的发育历期等参数,能够反映出该昆虫对不同寄主植物的危害程度和扩散蔓延速度^[12]。在本研究中,白刺夜蛾 1、2 龄幼虫对泡泡刺的取食量最高,3、4、5 龄幼虫及整个幼虫期对唐古特白刺的取食量最高,各龄

期幼虫对大果白刺的取食量最低,表明白刺夜蛾幼虫最喜食的寄主植物为唐古特白刺和泡泡刺。因此,在甘肃河西荒漠草原上监测白刺夜蛾的发生,要重点监测唐古特白刺和泡泡刺草地。白刺夜蛾 3 龄幼虫取食量显著增加,防治应在 3 龄之前进行。

寄主植物决定了昆虫能否完成正常的生命活动,比如寄主的选择、个体发育、存活和产卵等^[13-18]。苟玉萍等^[19]的研究发现,不同寄主植物对异迟眼蕈

蚊 *Bradysia difformis* 发育历期和幼虫存活率的影响显著;桃小食心虫 *Carposina sasakii* 取食不同寄主植物后的生长发育存在显著差异^[20];三条橙灯蛾 *Lemyra alikangensis* 取食大青 *Clerodendrum cyrtophyllum* 后的发育历期较短,幼虫存活率较高,而取食杨梅 *Morella rubra* 后的发育历期较长,幼虫存活率较低^[21]。本研究中,白刺夜蛾幼虫在取食唐古特白刺后发育历期最短,其次为取食泡泡刺,发育历期最长的为取食大果白刺,且取食大果白刺后无成虫羽化。同时,取食泡泡刺和唐古特白刺后各龄幼虫存活率和蛹的羽化率较高,取食大果白刺后幼虫的存活率较低,说明泡泡刺和唐古特白刺更适合白刺夜蛾的生长发育和存活,也说明唐古特白刺和泡泡刺是白刺夜蛾的最适寄主植物。

不同寄主植物所含的营养物质种类和含量会影响昆虫的生长发育^[22],同时,寄主植物所含次生代谢物质可能会不利于昆虫的生长发育^[23-24],其不仅影响昆虫的取食选择,甚至有毒害作用^[25-26]。3 种寄主植物中,大果白刺叶片的总酚和简单酚含量均最高,各营养物质含量最低,而泡泡刺和唐古特白刺叶片中的次生代谢物质含量较少,营养物质含量较高。从白刺夜蛾的存活率和生活史的完整性上也发现,泡泡刺和唐古特白刺最适宜白刺夜蛾的生长发育,而大果白刺由于营养不足或是次生代谢物质的毒性,导致白刺夜蛾取食后不仅死亡率高,也不能正常生长发育为成虫。

春季野外调查白刺夜蛾时发现,在河西走廊温性荒漠草原上,泡泡刺返青最早,是白刺夜蛾越冬代成虫的主要产卵寄主,也是白刺夜蛾第 1 代幼虫的主要取食寄主。因此,对于白刺夜蛾的重点防治和监测区域要设置在泡泡刺草地分布的区域,其次是唐古特白刺草地的分布区域。白刺夜蛾在河西走廊 1 年发生 3 代^[7],其防治时间应重点放在第 1 代,减少以后各代的虫口基数。根据张惠玲等^[27]的研究,1 m² 泡泡刺株丛的嫩茎叶生物量为 172.70 g,1 m² 唐古特白刺株丛的嫩茎叶生物量为 234.67 g。本研究中,1 头白刺夜蛾完成幼虫生长发育,需取食泡泡刺叶片的量为 3 814.53 mg,或者取食唐古特白刺叶片 5 100.62 mg,那么在损失 100%、75%、50% 和 25% 叶片条件下,1 m² 泡泡刺株丛可承载的白刺夜蛾幼虫数量分为 45、33.9、22.6 头和 11.3 头;1 m² 唐古特白刺株丛可承载的白刺夜蛾幼虫数量分为 46、34.5、23 头和 11.5 头,两种白刺的承载量相近。

白刺属植物为荒漠草原上的多年生灌木,也是羊和骆驼喜食的植物,其重要价值在于防风固沙和维持荒漠生态^[2],但荒漠植物的生态和饲用经济价值很难量化。王俊梅等^[28]根据白刺夜蛾幼虫对泡泡刺的取食量,并依据估算的白刺经济价值推测,经济损失允许水平下白刺夜蛾的防治指标为 39.7 头/m²。而民勤荒漠草原上白刺草地的植被盖度一般 10%~30%^[27],白刺夜蛾又是专食白刺的昆虫,幼虫集中在白刺株丛上取食,无论是经济允许水平还是白刺的承载力,防治指标 39.7 头/m² 均过高。因此,用单位株丛面积白刺叶片的损失量来估算白刺对白刺夜蛾幼虫的承载量相对比较合理。

白刺属植物的再生能力极强,即使全部叶片被毁,只要有适当的降雨,其枝叶仍可再生,株丛仍可扩展。荒漠草原生态系统不同于农田或森林生态系统,其气候条件极不稳定,极端天气如干旱、暴雨和大风等对荒漠草原上的节肢动物(包括植食性害虫)种群影响极大。白刺夜蛾的防治及防治指标的确立需要结合气候变化探索研究,尤其是当地的降雨量。

参考文献

- [1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志:第四十三卷第一分册[M]. 北京:科学出版社,1998: 116-123.
- [2] 王彦阁,杨晓晖,于春堂,等. 白刺属植物现状、生态功能及保护策略[J]. 水土保持研究,2007,14(3): 74-79.
- [3] 李双福,张启昌,张起超,等. 白刺属植物研究进展[J]. 北华大学学报(自然科学版),2005,6(1): 78-81.
- [4] 贾宝全,蔡体久,高志海,等. 白刺灌丛沙包生物量的预测模型[J]. 干旱区资源与环境,2002,16(1): 96-99.
- [5] 吴福祯,高兆宁. 宁夏农业昆虫图志(第二集)[M]. 银川:宁夏人民出版社,1982.
- [6] 保平,陈善科,王长命,等. 草地害虫僧夜蛾生物学特性的观察初报[J]. 草地学报,1996,4(1): 82-86.
- [7] 吴栋国,王俊梅,李温. 草地白刺夜蛾生物学及发生规律的研究[J]. 草业科学,2002,19(6): 39-42.
- [8] 张国安. 昆虫生态学与害虫预测预报[M]. 北京:科学出版社,2012: 202-203.
- [9] 罗礼智,刘大海,张蕾. 草地螟幼虫取食量、头宽、体长及体重的测定[J]. 植物保护,2008,34(6): 32-36.
- [10] 丁学智,龙瑞军,苏桐,等. 甘肃天祝高寒地区 5 种灌木中酚类物质含量的研究[J]. 草原与草坪,2006(4): 59-62.
- [11] 邹琦. 植物生理学实验指导[M]. 北京:中国农业出版社,2003.
- [12] 徐文华,王瑞明,林付根,等. 棉盲蝽的寄主种类、转移规律、生态分布与寄主的适合度[J]. 江西农业学报,2007,19(12): 45-50.

病力及毒素产生的影响,明确了耐高温菌株可能通过增加产孢量来抵御高温,因此,产孢阶段是耐高温菌株抵御高温的一个关键发育阶段。且部分耐高温菌株在高温下毒素的产生会增加,该研究结果为禾谷镰孢温度适应性规律的研究奠定了基础,对进一步深入认识该菌的温度适应性进化的分子机理,研究气候背景下小麦赤霉病的流行及预测预报和病害防控策略的制定具有重大意义。

参考文献

- [1] MA Zhengqiang, XIE Quan, LI Guoqiang, et al. Germplasms, genetics and genomics for better control of disastrous wheat *Fusarium* head blight [J]. *Theoretical and Applied Genetics*, 2020(S1): 1541–1568.
- [2] 马忠华, 陈云, 尹燕妮. 小麦赤霉病流行成灾原因分析及防控对策探讨[J]. *中国科学基金*, 2020, 34(4): 464–469.
- [3] CHEN Yun, KISTLER H C, MA Zhonghua. *Fusarium graminearum* trichothecene mycotoxins: biosynthesis, regulation, and management [J]. *Annual Review of Phytopathology*, 2019, 57(1): 15–39.
- [4] XU Fei, LIU Wei, SONG Yuli, et al. The distribution of *Fusarium graminearum* and *F. asiaticum* causing *Fusarium* head blight of wheat in relation to climate and cropping system [J]. *Plant Disease*, 2021, 105(10): 2830–2835.
- [5] NIELSEN L K, JENSEN J D, NIELSEN G C, et al. *Fusarium*

head blight of cereals in Denmark: species complex and related mycotoxins [J]. *Phytopathology*, 2011, 101(8): 960–969.

- [6] SAREMI H, BURGESS L W. Effect of soil temperature on distribution and population dynamics of *Fusarium* species [J]. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 2000(2): 119–125.
- [7] 纪莉景, 栗秋生, 王亚娇, 等. 温度对假禾谷镰刀菌生长、侵染及茎基腐病发生的影响[J]. *植物病理学报*, 2020, 50(6): 723–730.
- [8] 赵亚男. 两种小麦赤霉病菌温度敏感性和杀菌剂抗性研究及防治药剂筛选[D]. 张家口: 河北北方学院, 2020.
- [9] 武爱波. 禾谷镰刀菌 (*Fusarium graminearum*) 致病力鉴定、毒素检测及其分子生物学研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2005.
- [10] 种学法. 禾谷镰刀菌类动力 GTP 酶 FgSey1 功能研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2020.
- [11] ZHANG Xing, ST LEGER R J, FANG Weiguo. Stress-induced pyruvate accumulation contributes to cross protection in a fungus [J]. *Environmental Microbiology*, 2018, 20(3): 1158–1169.
- [12] 郑聃, 付畅, 戴绍军, 等. 盐胁迫下酿酒酵母和鲁氏酵母渗透调节方式的对比与分析[J]. *哈尔滨师范大学自然科学学报*, 2007(2): 91–95.
- [13] 李瑞明, 吴继红. 温度对赤霉病菌生长及其致病性的影响[J]. *江西农业科技*, 1981(11): 8–9.
- [14] 赵纯森, 马星霞, 武爱波, 等. 禾谷镰孢菌培养性状与致病力的相关性分析[J]. *华中农业大学学报*, 2005(3): 254–257.

(责任编辑: 杨明丽)

(上接 115 页)

- [13] 钟裕俊, 潘立婷, 杜素洁, 等. 北京地区豌豆彩潜蝇的寄主植物及发生动态[J]. *植物保护*, 2021, 47(3): 232–236.
- [14] ZHANG Bing, LIU Huai, HULL-SANDERS H, et al. Effect of host plants on development, fecundity and enzyme activity of *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) [J]. *Journal of Integrative Agriculture*, 2011, 10(8): 1232–1240.
- [15] FARAHANI S, NASERI B, TALEBI A A. Comparative life-table parameters of the beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) on five host plants [J]. *Journal of the Entomological Research Society*, 2011, 13(1): 91–101.
- [16] 李引, 冷春蒙, 胡迪, 等. 不同寄主植物对小菜蛾生长发育和繁殖的影响[J]. *西北农业学报*, 2019, 28(3): 475–480.
- [17] 苟长青, 孙鹏, 刘端春, 等. 不同寄主对牧草盲蝻生长发育的影响[J]. *环境昆虫学报*, 2019, 41(5): 1065–1069.
- [18] 丛胜波, 王玲, 王金涛, 等. 斜纹夜蛾对不同寄主植物的取食和产卵选择研究[J]. *河南农业科学*, 2020, 49(12): 91–96.
- [19] 苟玉萍, 刘倩, 刘长仲. 不同寄主植物对异迟眼蕈蚊生长发育和繁殖的影响[J]. *植物保护*, 2015, 41(1): 28–32.
- [20] 李定旭, 雷喜红, 李政, 等. 不同寄主植物对桃小食心虫生长发育和繁殖的影响[J]. *昆虫学报*, 2012, 55(5): 554–560.

- [21] 苏超, 景军, 王猛猛, 等. 不同寄主植物对三条橙灯蛾生长发育和繁殖的影响[J]. *应用昆虫学报*, 2013, 50(6): 1614–1621.
- [22] 潘锦勇, 王兴琴. 不同寄主植物叶片对棉铃虫的生物学和营养效应比较[J]. *植物保护*, 2009, 35(3): 74–76.
- [23] 郭婷婷, 门兴元, 于毅, 等. 二点委夜蛾适应性与玉米苗营养物质和次生代谢物质含量的关系[J]. *昆虫学报*, 2018, 61(8): 984–990.
- [24] 徐正浩, 崔绍荣, 何勇, 等. 植物次生代谢物质和害虫防治[J]. *植物保护*, 2004, 30(4): 8–11.
- [25] 王亚军, 邹传山, 杨璟, 等. 3 种植物次生代谢物质对舞毒蛾生长发育的影响[J]. *吉林农业大学学报*, 2018, 40(2): 145–151.
- [26] JEUGHALE G, BHALKARE S. Effect of different host plants on toxicity of indoxacarb to *Spodoptera litura* (Fab.) [J]. *International Journal of Plant Protection*, 2016, 9(1): 30–34.
- [27] 张惠玲, 万国栋. 武威市白刺草地资源及其保护利用[J]. *草业科学*, 2003, 20(9): 63–65.
- [28] 王俊梅, 史青茂, 李建廷, 等. 白刺夜蛾防治指标的研究[J]. *草地学报*, 2000, 8(1): 46–48.

(责任编辑: 杨明丽)