

短时间高温对田间麦长管蚜的防治效果*

阳任峰** 杜光青** 李克斌 尹 姣 曹雅忠***

(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)

摘 要 【目的】了解短时间高温对麦长管蚜 *Sitobion avenae* (Fabricius) 的致死效应, 为探索其田间使用技术奠定基础。【方法】采取“对靶”和“非对靶”喷施热风的方法, 观测了对叶片和麦穗上麦长管蚜的防治效果。【结果】在非对靶 55℃ 高温处理 15 s 时间, 叶片上蚜虫下降率仅达到 43%, 其防治效果不够理想。但“对靶”热风处理表明, 叶片上蚜虫脱落率及脱落后蚜虫的死亡率均随着处理温度升高和处理时间延长而增加, 最大脱落率可达 80% 以上; 在 65℃ 下, 未脱落的麦蚜第 3 天后全部死亡。穗部的不同短时间高温处理组合试验表明, 在 55℃ 6 s 及以上高温处理时间组合下的虫口减退率超过 90%。产量 (千粒重) 测定表明, 55℃ 6 s、55℃ 10 s、65℃ 3 s 与喷施吡虫啉药剂对照相当, 即这些处理组合的保产效果明显; 65℃ 6 s、75℃ 3 s、85℃ 3 s 处理组合虽然蚜虫减退率高, 但保产效果不理想。【结论】55℃ 6~10 s 的短时高温处理麦长管蚜可产生理想的防治效果和保产作用。

关键词 麦长管蚜, 高温处理, 田间防效, 物理防治

Effectiveness of high-temperature treatment as a means of controlling *Sitobion avenae* (Fabricius)

YANG Ren-Feng** DU Guang-Qing** LI Ke-Bin YIN Jiao CAO Ya-Zhong***

(State Key Laboratory for Biology of Plant Disease and Insect Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China)

Abstract 【Objectives】To assess the effectiveness short term exposure to high temperature as a means of controlling *Sitobion avenae* (Fabricius). 【Methods】The effects of short-term exposure to high temperature as a method of controlling *S. avenae* on wheat leaves was investigated. 【Results】Undirected heat was not a very effective way of controlling aphids which declined by only 43% after exposure to 55℃ for 15 s. Expulsion and death rates increased with increasing temperature and duration of exposure; the highest expulsion rate was > 80%. Aphids that didn't leave died after three days. The rate of decline rate was > 90% after exposure to 55℃ for 6 s or to > 55℃ for 6 s. There was no difference in the weight of a thousand seeds treated with either 55℃ for 6 s, 55℃ for 10 s, 65℃ for 3 s or imidaclopid, suggesting that all these temperature treatments can maintain wheat yield. Although the 65℃ for 6 s, 75℃ for 3 s and 85℃ for 3 s treatments can lead to a high decline of aphids, they were less successful at maintaining wheat yield. 【Conclusion】Exposure to 55℃ for 6 to 10 seconds was the best control method in terms of reducing aphid numbers and maintaining wheat yield.

Key words *Sitobion avenae* (Fabricius), high-temperature treatment, control effect in the fields, physical control

* 资助项目: 公益性行业 (农业) 科研专项 (201103022)

**同等贡献作者, 为并列第一作者, E-mail: 718482217@qq.com; duguangqingbeyond@163.com

***通讯作者, E-mail: yzcao@ippcaas.cn

收稿日期: 2014-01-20, 接受日期: 2014-02-06

麦蚜是小麦上的重大害虫之一,而麦长管蚜 *Sitobion avenae* (Fabricius) 是我国各麦区的优势种(曹雅忠等, 2006)。目前生产上防治麦蚜的措施以化学防治为主,虽然起到较好的防治效果,但也带来环境污染加剧、严重杀伤天敌、产生或增强目标害虫抗药性等负面影响。高温防治害虫不仅有着悠久的历史,而且还有着广阔的发展空间,其无污染、无残留等特性,为害虫综合治理开辟了新的领域。麦蚜受高温天气影响较大,在气温较高条件下,麦蚜种群会发生迁飞和种群消亡的现象(董庆周等, 1987; 杨素钦和杨逸兰, 1991; 国伟和沈佐锐, 2004)。室内高温处理麦长管蚜结果表明,麦长管蚜对高温较为敏感,短时间高温处理可以有效地杀死麦长管蚜;另外,麦长管蚜分布在小麦植株的上部明显处(主要在小麦穗部和叶片正面取食),容易实施高温处理(阳任峰等, 2013)。因此,尝试利用人为创造高温的方法来防治麦长管蚜,探索一种田间条件下控制麦长管蚜危害的新型技术措施具有重要的生产实践价值。

在田间,利用高温防治害虫的同时对非靶标伤害的评估也是非常必要的。寄主植株不同时期对温度的敏感性不同,小麦对高温也非常敏感(丁霞等, 2005; 史应山等, 2007; 邓振镛等, 2009),如干热风天气对小麦能够造成严重的减产。因此,本试验一方面在田间利用短时间高温对麦蚜进行防治试验的同时,测定防治后的小麦千粒重;另一方面,直接考察高温对小麦植株叶片和麦穗的伤害作用,根据小麦植株外观受到高温的伤害的进行伤害等级评估,并测定小麦千粒重。

1 材料与方法

1.1 试验材料与地点

试验设置在河北省廊坊市中国农业科学院廊坊科研中试基地(116°69'E, 39°52'N)。以田间自然发生的麦长管蚜为高温处理对象;小麦品种为当地生产品种“中旱 101”(感蚜品种);试验小麦在田间常规种植与管理。

1.2 短时间高温处理器械及测量仪器

热力吹风机(ROLS8850, 台州鼎立公司)、硅半导体温度计(JM222, 兴化市雪松仪器有限公司)。通过调整吹风机的档位和着生麦长管蚜叶片的距离,并结合当天早晚气温的变化情况,调整到目标温度。

1.3 短时间高温非对靶处理防治小麦叶片和麦穗上麦长管蚜

在孕穗期对叶片上及灌浆初期对麦穗上的蚜虫进行高温处理。试验安排在正方形(0.5 m×0.5 m)小区内。参考室内试验高温处理麦长管蚜结果(阳任峰等, 2013),设置了在 55°C 5 s; 55°C 10 s; 55°C 15 s 3 个温度时间组合来处理小麦叶片;设计了 45°C 10 s、45°C 20 s、45°C 30 s、55°C 3 s、55°C 6 s、55°C 10 s、65°C 3 s、65°C 6 s、75°C 3 s、85°C 3 s, 共计 10 个温度、时间组合来处理小麦穗部。处理前,每一处理随机抽查 30 株小麦,调查其叶片(最上部 3 片叶)上麦长管蚜数量,并分别挂牌标记;设不处理的对照和喷施常规用量 5%吡虫啉 WP 的对照;每个处理 3 个重复;处理后第 1、3 天两次调查挂牌上的麦蚜数量;小麦成熟测量小麦千粒重。“非对靶”处理的高温防治试验的方法:将热吹风机对

准小麦植株从上向下处理旗叶、旗下 1 和 2 叶等整片叶及相应面积进行吹热风,并非仅对叶片上的蚜虫进行热风处理;对麦穗则处理麦穗的全部面积。

1.4 短时间高温对靶处理防治小麦叶片上麦长管蚜的试验

为了更明确麦蚜在不同高温时间组合处理后的掉落率及其存活情况,设计了对靶处理试验。试验共设计了 9 个处理组合,分别为 45℃ 3 s、45℃ 6 s、45℃ 20 s、55℃ 3 s、55℃ 6 s、55℃ 10 s、55℃ 20 s、65℃ 3 s、65℃ 6 s。在田间随机选取有麦蚜的叶片,调查其上麦长管蚜数量后,将叶片从叶尖装入半径 5 cm、高 25 cm 的圆柱体内,接收处理过程中从叶片上脱落的蚜虫,对准麦叶上蚜虫分别进行短时间高温处理(即“对靶”处理),然后将每一处理从叶片上脱落和没有脱落的蚜虫分别密封带回试验室,放置于网罩小麦上喂养观测,定时调查其死亡率。每个处理约 100 头麦蚜,每个处理重复 3 次。

1.5 短时间高温处理对小麦伤害情况的评估

为了解不同高温时间组合处理对小麦叶片和小麦穗部所造成的伤害程度,试验设置 45℃ 3 s、45℃ 10 s、45℃ 30 s、55℃ 3 s、55℃ 10 s、55℃ 30 s、65℃ 3 s、65℃ 10 s、65℃ 20 s、75℃ 3 s、75℃ 6 s、75℃ 15 s、85℃ 3 s、85℃ 6 s、85℃ 10 s,共 15 个处理。每个处理选取长势均匀的小麦 15 株,每个处理重复 3 次。处理完 3 d 后观察小麦的受害情况,根据受害情况制定高温对小麦伤害情况登记表,记录叶片的伤害等级。在小麦成熟后,测量小麦的千粒重。

1.6 分析方法

蚜虫种群下降百分率用虫口减退率和校正虫口减退率表示(刘爱芝等,2001)。

虫口减退率=

$$\frac{\text{处理前虫口基数}-\text{处理后剩余虫量}}{\text{处理前虫口基数}} \quad (\text{公式 1})$$
$$\times 100\%$$

校正虫口减退率=

$$\frac{\text{处理区虫口减退率}-\text{对照区虫口减退率}}{1-\text{对照区虫口减退率}} \quad (\text{公式 2})$$
$$\times 100\%$$

试验数据利用 SAS9.1 对不同处理进行差异显著性检验的统计分析,采用 One-Way ANOVA/Duncan's 方法分析。确定差异显著水平为 $P < 0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 短时间高温非对靶处理对小麦叶片和麦穗上麦长管蚜的防治效果

小麦叶部处理试验结果(图 1)显示,在 55℃ 条件下,随着处理时间的增加,校正虫口下降率增加。但其防治效果不够理想。例如:试验中最长处理时间(15 s)的麦长管蚜校正虫口下降率仅达到 40%左右。从处理当天的虫口下降率来看,处理时间从 5 s 延长到 10 s 时,校正虫口下降率仅提高了 2.03%,且没有显著差异($P \geq 0.05$)。而处理时间从 10 s 延长到 15 s 时,虫口

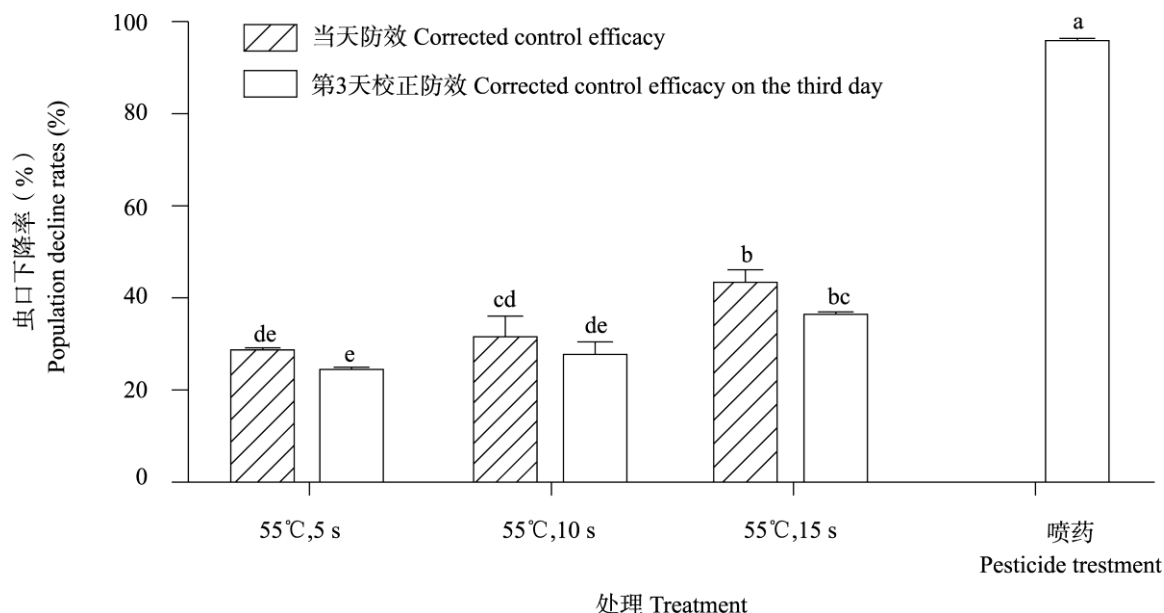


图 1 短时间高温（非对靶处理）对小麦叶部上麦蚜防治效果
Fig. 1 Control effects to the wheat aphid by simulated high-temperature-short-time

柱上标有不同小写字母表示为差异显著（LSD 检验， $P < 0.05$ ）。下图同。

Histograms with different lower-case letters indicate significantly different at 0.05 level by LSD test. The same below.

下降率提高了 11.76%，它们之间存在显著差异（ $P < 0.05$ ）。从处理后第 3 天来看，随着处理时间的延长，第 3 天校正虫口下降率与当天虫口下降率相比有下降的趋势，但同一处理之间差异不显著（ $P \geq 0.05$ ）；其中处理时间 5 s 和 10 s 的校正虫口下降率无显著差异（ $P \geq 0.05$ ），而 15 s 处理与 5 s、10 s 两处理之间分别存在显著差异（ $P < 0.05$ ）。所有处理同喷施 5%吡虫啉（WP）药剂相比，其校正虫口下降率的差异均十分显著（ $P < 0.05$ ）。

通过测量叶部处理的小麦千粒重，发现喷药处理显著高于空白对照和短时间高温处理（图 2），喷药处理与空白对照相比千粒重提高了

25.58%。在 55°C 下，5、10、15 s 的处理均有一定的防治效果，但是最后分析千粒重发现产量没有增加。其中，在 55°C 时，5 s 和 10 s 处理和空白对照没有显著差异，但是 15 s 与空白对照相比，千粒重显著降低，降低率为 16.76%，表明在 55°C 15 s 可能对小麦造成了一定的伤害。

短时间高温处理小麦穗上麦长管蚜试验结果（图 3）表明，当天校正虫口减退率在 9%~19% 之间，且差异均不显著（ $P \geq 0.05$ ）；但第 3 天校正虫口减退率均显著（ $P < 0.05$ ）高于第 1 天。从图 3 中看出，蚜虫掉落率与处理温度和处理时间没有明显相关，因为在穗部的蚜虫受到麦穗结构（麦芒遮挡）的影响，很难从穗部掉落，因此

* 资助项目：公益性行业（农业）科研专项（201103022）

**同等贡献作者，为并列第一作者，E-mail: 718482217@qq.com；duguangqingbeyond@163.com

***通讯作者，E-mail: yzcao@ippcaas.cn

收稿日期：2014-01-20，接受日期：2014-02-06

处理间差异不显著 ($P\geq0.05$)。少量掉落的蚜虫主要是没有麦芒阻挡的部位。

处理后第 3 天 (图 3) 调查发现, 45℃时, 10、20、30 s 的校正虫口减退率均在 30%左右, 各处理之间差异不显著 ($P\geq0.05$), 但与处理第 1 天比较, 均差异显著 ($P<0.05$)。55℃时, 第 3 天校正虫口减退率随着处理时间延长, 6 s 比 3 s 提高了 16.37%, 且差异显著 ($P<0.05$), 但是与 10 s 相比, 二者的虫口减退率均在 90%左右, 差异不显著 ($P\geq0.05$)。65℃时, 6 s 显著高于 3 s, 虫口减退率提高了 14.88%。75℃和 85℃, 处理时间 3 s 时, 虫口减退率均高于 92%,

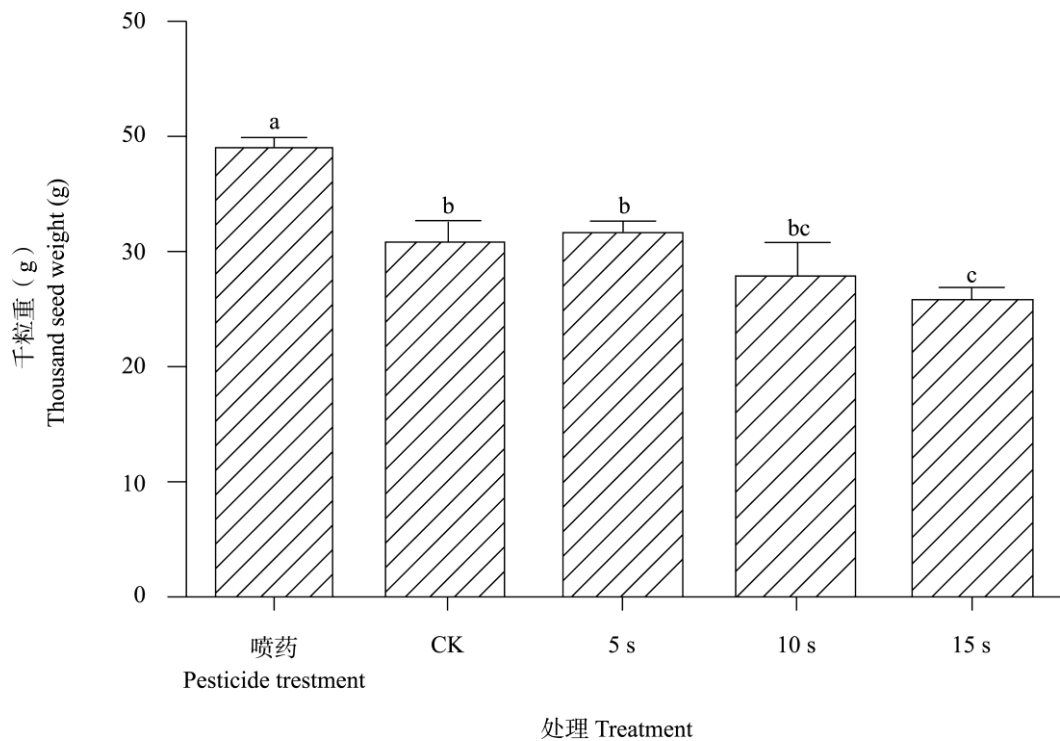


图 2 短时间高温 (非靶处理) 防治叶部麦蚜后的小麦的千粒重

Fig. 2 Thousand seed weight of wheat after controlling wheat aphids on wheat leaf by simulated high-temperature-short-time

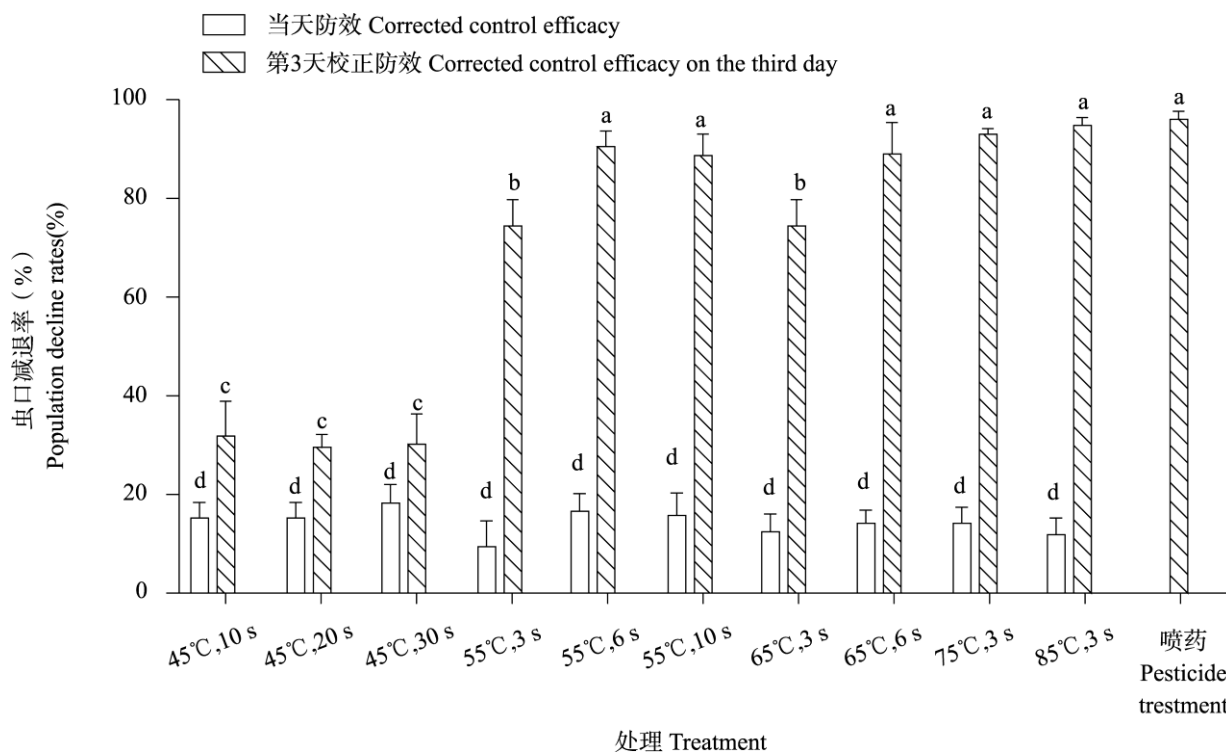


图3 短时间高温处理后穗蚜减退率

Fig. 3 The reduce rate of wheat ear aphids by high-temperature-short-time

达到非常好的防治效果(与药剂处理相当)。55℃和65℃下处理时间为6 s时,校正虫口减退率均在90%左右,达到了理想的防治效果。

穗部短时高温处理的千粒重结果(图4)表明,45℃下3组处理以及55℃,6 s处理与空白对照之间差异不显著($P \geq 0.05$),但是显著($P < 0.05$)低于喷药处理的千粒重。55℃条件下,3 s处理、65℃,3 s处理均显著高于空白对照($P < 0.05$),千粒重分别提高了16.78%和11.3%,与喷药处理之间差异不显著($P \geq 0.05$)。55℃,10 s处理与空白对照处理和喷药处理差异均不显著($P \geq 0.05$)。65℃6 s处理组合、75℃3 s处理组合、85℃3 s处理组合的小麦千粒重显著低于空白对照和喷药处理($P < 0.05$),较空白对照分别降低了25.56%、17.60%、16.01%,较喷药处理分别降低了36.06%、29.22%、27.82%。

2.2 短时间高温对靶防治小麦叶片上麦长管蚜的试验

试验结果(图5)表明,在45℃处理下,时间从3 s到30 s,随着处理时间的延长,麦长管蚜的脱落率逐步增高,处理30 s的蚜虫脱落率达到最大值(为80%以上)。其中,在20 s处理时段及以下3个处理时段之间差异明显($P < 0.05$),但是在20 s和30 s两个处理间无显著差异($P \geq 0.05$)。在55℃下,处理时间6 s比3 s脱落率提高了11.67%,且差异显著($P < 0.05$)。处理时间都为3 s时,55℃处理与45℃处理相比,其脱落率提高了34.6%,差异显著($P < 0.05$);但是65℃处理与55℃处理相比,处理时间为3 s时其脱落率下降在两者间差异不显著。处理为6 s时,55℃与45℃相比,脱落率提高了21.09%,且差异显著($P < 0.05$)。

对靶处理后从叶片上脱落的麦蚜被带回试验室后的观测结果 (图 6) 显示, 脱落后的麦蚜随处理温度升高及处理时间的延长, 其死亡率呈梯度上升。45℃处理 3、6、10、20 s 时, 其死亡

率较低, 处理间差异不显著; 处理 30 s 时, 其死亡率达到 34.59%, 且与其他较短时间处理相比

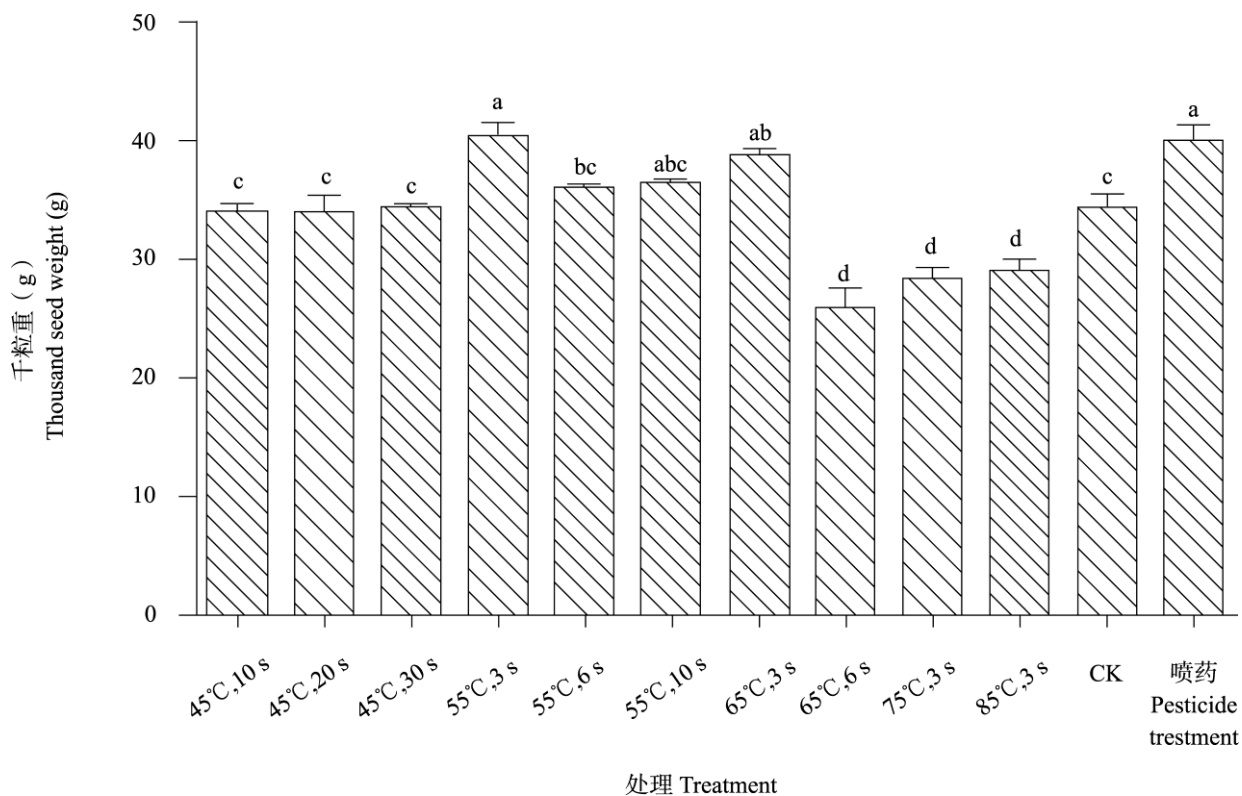


图 4 小麦穗期防治后的千粒重

Fig. 4 Thousand seed weight of wheat after controlling wheatear aphids by simulated high-temperature-short-time

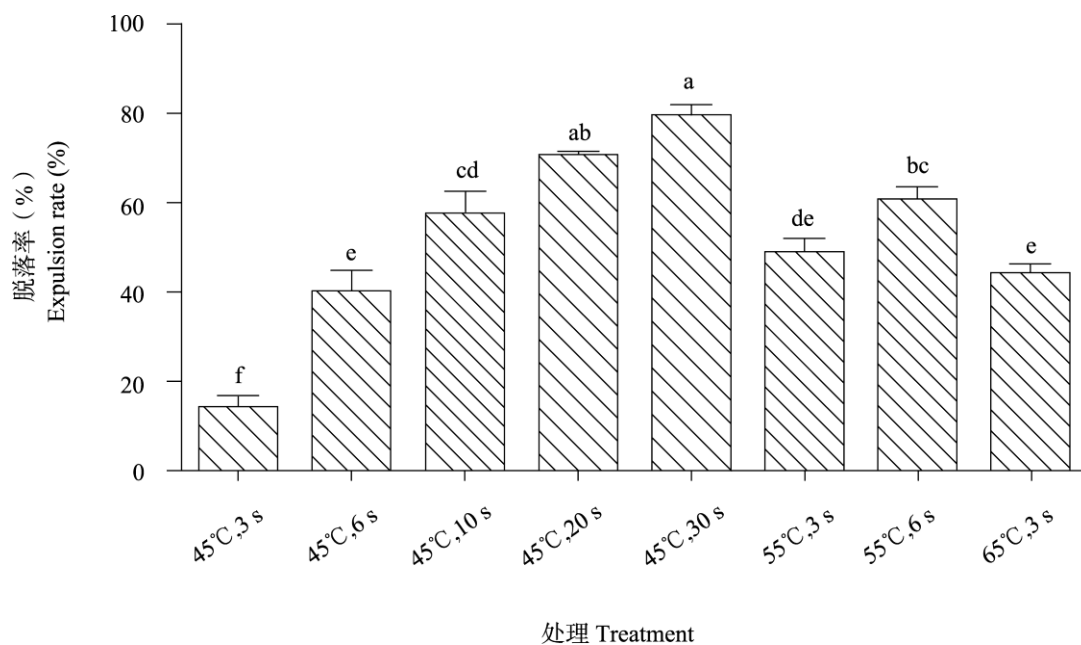


图 5 短时间高温处理后麦蚜从叶片上的脱落率

Fig. 5 The expulsion rate of wheat aphids from wheat leaf by simulated high-temperature-short-time

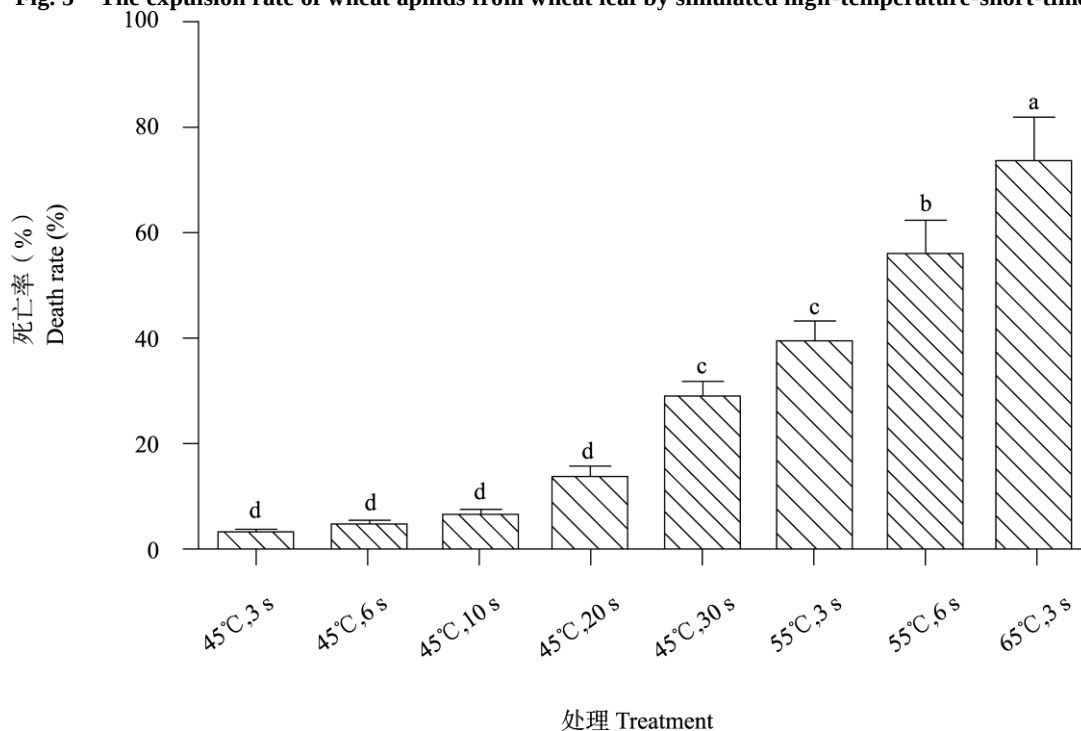


图 6 麦蚜从叶片上脱落两天后死亡率

Fig. 6 The death rate of dropped wheat aphids from wheat leaf after two days

差异显著 ($P < 0.05$)。55°C 时, 3 s 和 6 s 处理的死亡率分别为 44.13%、61.67%, 两者之间差异显著

($P < 0.05$)。65°C 3 s 处理, 麦蚜的死亡率为 80.6%, 显著高于其他处理组合的死亡率 ($P < 0.05$)。

将短时间对靶高温处理后还留在叶片上的蚜虫带回试验室观察, 试验结果(图7)表明, 45℃处理时, 3、6、10 s第1天与第3天相比其死亡率差异不明显($P \geq 0.05$); 而时间延长到20 s时, 第3天比第1天死亡率提高了12.93%, 且差异显著($P < 0.05$); 延长到30 s时, 其死亡率接近100%。55℃条件下, 处理3 s, 其死亡率第3天比第1天提高了39%, 且差异显著($P < 0.05$); 处理6 s, 死亡率第3天略高于第1天($P \geq 0.05$), 均接近100%。66℃条件下, 处理3 s, 第1天死亡率达到74.22%, 第3天接近100%, 有显著提高($P < 0.05$)。

2.3 短时间高温处理对小麦的伤害情况的评估

2.3.1 短时间高温处理对小麦叶部伤害的确定

叶片表面受到高温后, 其叶片会发生非常明显的伤害表征, 如失水、干枯、黄化等现象。根据外在伤害严重情况对高温处理造成小麦叶片伤害的情况进行了分级, 如表1所示:

短时高温处理叶部的伤害情况结果如表2所示。45℃的3个处理时间的伤害等级为0级, 几乎无伤害。55℃30 s处理和65℃3 s处理对小麦叶片造成了1级伤害。65℃10 s处理伤害等级达到了4级, 伤害极大。75℃时, 3 s的处理时间就能造成小麦叶片2级伤害; 6 s处理时间就能造成3级伤害; 85℃3 s处理时间就能造成小麦叶片4级伤害; 说明高温的确极易对叶片造成伤害。

从叶片伤害与小麦产量(千粒重)的关系来看(图8), 45℃时, 其3组处理组合与空白对照的千粒重无显著差异($P \geq 0.05$)。55℃时, 5 s处理和10 s处理均与空白对照的千粒重无显著差异($P \geq 0.05$); 但30 s处理, 显著($P < 0.05$)低于空白对照, 表示该处理组合对小麦造成了伤害, 导致减产。65℃及以上温度时, 短时间处理

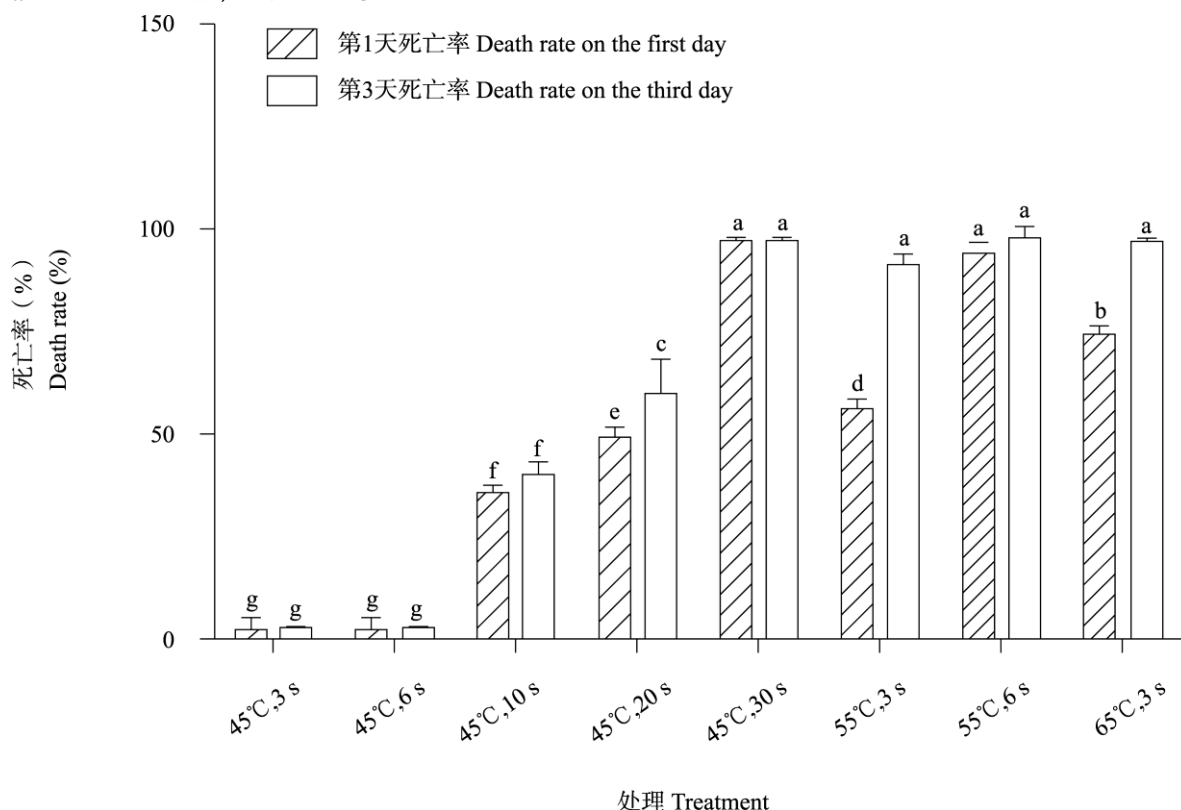


图 7 处理后留在小麦叶片上麦蚜的死亡率

Fig. 7 The death rate of remaining wheat aphids from wheat leaf after two days

表 1 短时间高温对于小麦叶片伤害等级划分表

Table 1 Damage level scale of wheat leaf by stimulated high-temperature-short-time

伤害等级 Damage index	伤害描述 Damage description
0	无伤害, 目测叶片和对照处理没有差异
1	叶片水分有散失 (叶片萎蔫) 状, 但是没有出现黄化现象
2	叶片出现小面积黄化现象
3	黄化面积一半以上, 但是没有完全黄化透过背面
4	叶片全部黄化, 背面同样受到伤害

后其千粒重都显著低于空白对照 ($P<0.05$), 表明 65°C 以上的高温对小麦造成伤害, 导致减产。结合表 1 发现, 小麦叶片没有受到可辨识的伤害时, 该处理千粒重和空白对照没有显著差异, 如 45°C 的 3 组处理以及 55°C , 3 s 和 10 s 处理。处理温度相同时, 随着时间的延长, 会导致伤害等级加大和千粒重下降, 这两者之间有着明显的正相关关系, 如在 65°C , 10 s 处理叶片为 3 级伤害,

3 s 处理叶片为 1 级伤害, 前者千粒重明显低于后者。但处理时间相同时, 随着温度的增高, 其伤害等级加大, 其千粒重没有表现出显著差异, 如在处理时间为 3 s 时, 65°C , 75°C , 85°C 对叶片伤害等级分别为 1 级、2 级和 4 级 (表 2), 千粒重之间差异不显著 ($P\geq 0.05$)。

表 2 短时间高温处理小麦叶片后的伤害等级情况

Table 2 Damage level of wheat leaf by stimulated high-temperature-short-time

温度 Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	时间 Time (s)					
	3	6	10	15	20	30
45	0	—	0	—	—	0
55	0	—	0	—	—	1
65	1	—	4	—	4	—
75	2	3	—	4	—	—
85	4	4	4	—	—	—

注: “—”表示没有设置该处理。表 4 同。

“—”indicates that this treatment was not set. The same with Table 4.

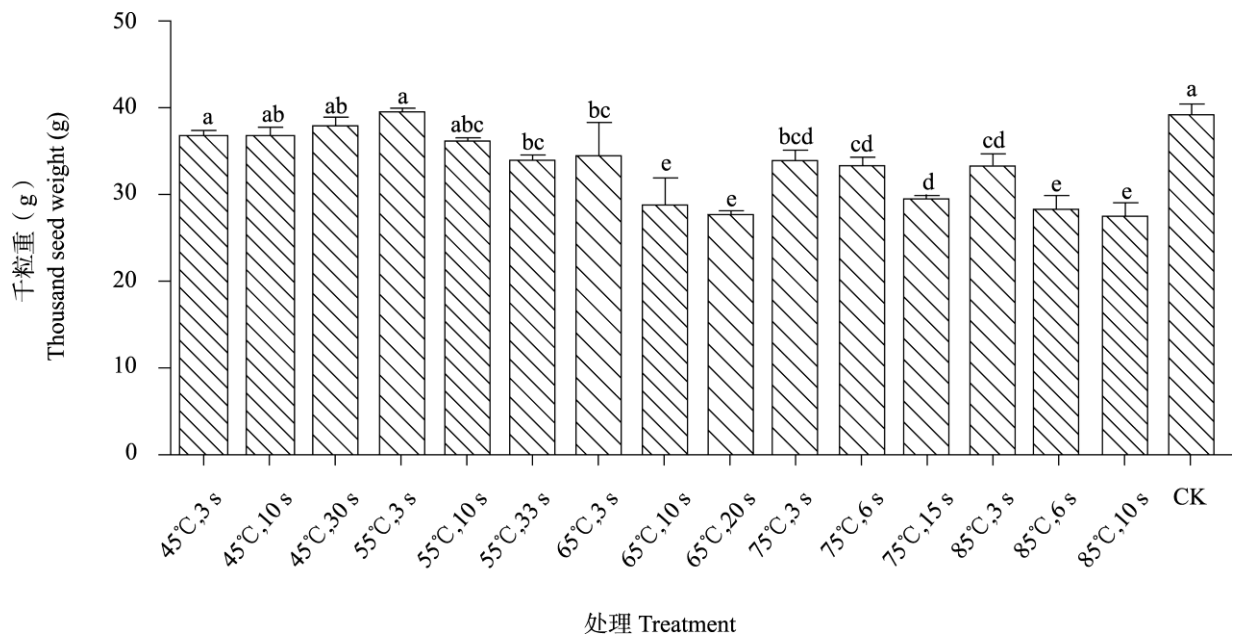


图 8 无蚜害的短时间高温对小麦叶部伤害后各处理千粒重
Fig. 8 Thousand seed weight of wheat by simulated high-temperature-short-time to wheat leaf after eliminate wheat aphids

2.3.2 确定短时间高温处理对小麦穗部的伤害
将小麦穗部从上至下受高温伤害的情况划分为 5 个等级，如表 3 所示：

调查短时高温处理对穗部伤害的结果(表 4)显示，45℃时，其 3 组处理对小麦穗部造成的伤害等级为 0 级。55℃时，只有 30 s 处理对麦穗造成 1 级伤害。65℃时，3 s 处理就能造成 1 级伤害，10 s 处理能造成 2 级伤害；处理时间为 20 s 时，65℃对麦穗造成 3 级伤害。75℃时，3 s 处理能够成 2 级伤害，6 s 以上处理能造成 4 级伤

害。85℃时，3、6 和 10 s 处理分别造成 3 级、4 级、4 级伤害。

分析千粒重(图 9)发现，45℃时的 3 组处理与 55℃ 3 s、55℃ 10 s 处理以及 65℃ 3 s 处理及空白对照之间均无显著差异 ($P\geq0.05$)。55℃，30 s 以及 65℃，3 s 以上的处理，其千粒重都明显低于空白对照 ($P<0.05$)，表明这些处理都会造成小麦减产。处理温度相同时，随着时间的延长，

表 3 短时间高温对于小麦穗部伤害等级划分表		
Table 3 Damage level scale of wheatear by stimulated high-temperature-short-time		
伤害等级	Damage index	伤害描述 Damage description
0		无伤害，目测麦穗和对照处理没有差异
1		只有麦芒受到伤害
2		除了麦芒受到伤害外，最顶部的麦粒外部也受到伤害
3		除了麦芒受到伤害外，中部和顶部的麦粒也受到伤害
4		整个麦穗 80%以上的麦粒受到伤害

表 4 短时间高温处理小麦穗部后的伤害等级情况

Table 4 Damage level of wheatear by stimulated high-temperature-short-time

温度 Temperature (°C)	时间 Time (s)					
	3	6	10	15	20	30
45	0	—	0	—	—	0
55	0	—	0	—	—	1
65	1	—	2	—	3	—
75	2	4	—	4	—	—
85	3	4	4	—	—	—

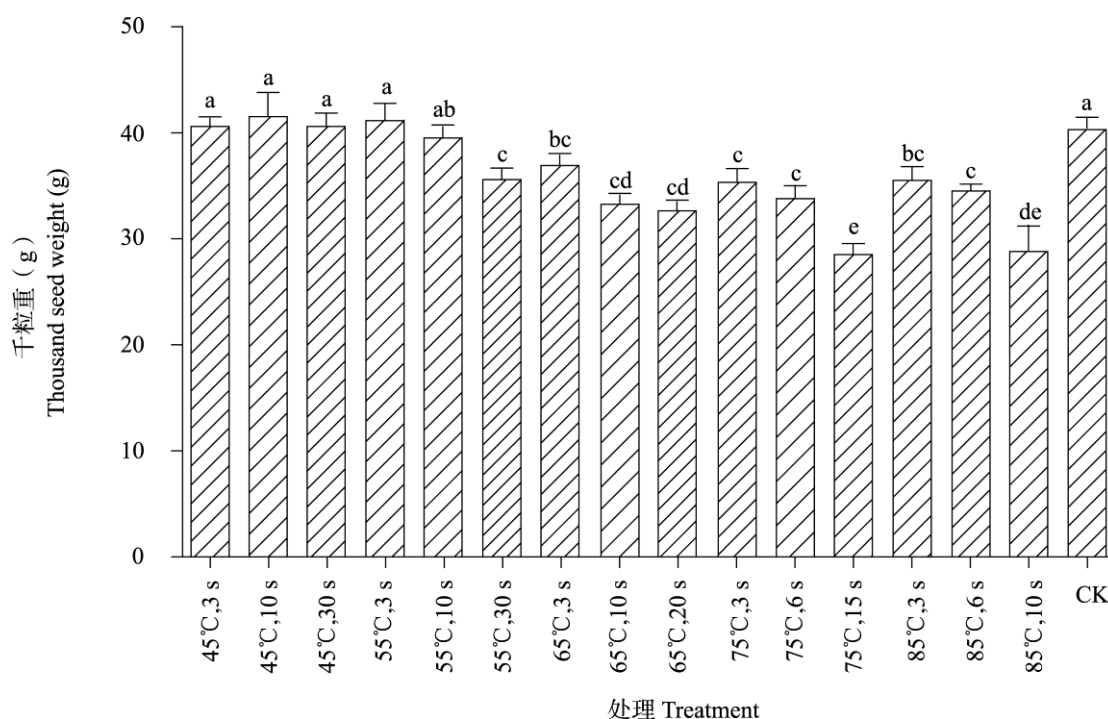


图9 无蚜害后短时间高温对小麦穗部伤害后各处理千粒重

Fig. 9 Thousand seed weight of wheat by simulated high-temperature-short-time to wheatear after eliminate wheat aphids

其千粒重有下降的趋势,如65℃时,3、10、20 s处理的千粒重分别为40.32、33.01、32.45 g。处理时间相同时,随着温度的增高,其千粒重也有下降的趋势,如处理时间为30 s时,处理温度55℃、65℃、75℃的千粒重分别为41.13、40.32、35.08 g。结合伤害等级(表4)和千粒重(图9)分析,小麦穗部与小麦叶部一样,总体上为伤害等级越大,其千粒重就越低。但也有例外,如

65℃ 3 s处理虽对小麦麦穗造成1级伤害,其千粒重与空白对照并无显著差异($P \geq 0.05$)。75℃ 3 s处理和85℃ 3 s处理,两者伤害等级分别为2级和3级,千粒重分别为35.08 g和35.614 g,两者之间也无显著差异($P \geq 0.05$)。

3 讨论

根据麦蚜的为害时期,可以简单的分为叶期

(小麦生长期)和穗期(小麦生殖期)为害两个时期。从小麦损失的角度来看,麦蚜(尤其是麦长管蚜)在小麦穗期的为害所造成的损失远大于为害叶部或叶期的损失(郭予元等,1988;曹雅忠和倪汉祥,1992);从麦蚜种群发生数量来看,在叶期(小麦生长期)的麦长管蚜的发生数量明显少于穗期(小麦生殖期)。但是,小麦生长期发生的麦蚜是小麦穗期的蚜量基础,所以在叶期的防治可以产生一定程度的抑制麦蚜种群发展的作用。另外,由于麦蚜具有迁飞特性,随着我国南部地区小麦的不断成熟,北部麦区在小麦叶期和穗期的麦蚜数量常常出现突增现象。因此,对麦长管蚜的防治应重点放在小麦穗期(特别是灌浆初、中期),兼顾叶期防治。本研究仅是探讨了短时高温防治麦长管蚜的可行性,从蚜虫下降率、保产(千粒重)效果和对小麦伤害三方面综合分析发现,55℃ 6~10 s 处理组合与吡虫啉喷药对照及小麦伤害空白对照的差异均不显著,表明这两个穗部短时高温处理组合较理想,可作为田间实用技术进一步研究的基础温度、时间组合。由于65℃ 3 s 穗部短时高温处理的效果高,但小麦出现了1级的轻微伤害,推测60℃ 6~10 s 可能也具有一定的实用价值,但需要田间系统试验明确其可行性。

在叶期,麦蚜主要集中在叶部为害,其中麦长管蚜分布在植株上部,叶片正面;麦二叉蚜怕光照,多分布在植株下部和叶片背面;麦无网长管蚜介于麦长管蚜和麦二叉蚜之间,常分布在植株中下部叶片上为害;而禾谷缢管蚜多分布在植株下部的叶鞘、叶背甚至根茎为害,且有部分叶片是弯曲的,使得麦蚜分布方向不一致(曹雅忠和李世功,1990)。采用高温防治,从一个方向的喷吹热风(如本试验中采用的从上往下)易受

到小麦叶片的阻隔,躲避在叶片下部的麦蚜很难直接受到伤害,可对高温防治效果造成一定的困扰。因此,在防治叶期麦蚜时,应该采用三方向(由上往下、由左向右和由右向左)吹热风方式来进行防治,这样才能够获得较好的防治效果。在本试验中,主要采用了由上向下的方式;在非对靶叶部的短时间高温处理只能够使得麦蚜数量有一定的减少,虽然在叶部进行对靶的短时间高温处理使其麦长管蚜数量下降率较高,但因为在该时期,蚜虫天敌较少,环境较适宜,蚜虫繁殖迅速,使下降的麦蚜种群很快得到恢复。所以在防治后保产效果(千粒重)看出,这两种叶部高温处理方式均没有获得理想的防治效果。

随着小麦生长进入穗期,麦长管蚜大多转移到穗部进行为害,蚜虫钻挤在小穗籽粒的缝隙间取食,口针插入到麦粒中。由于麦穗的结构(包括麦芒)对麦蚜起到了保护性场所的作用,使得麦蚜不容易从麦穗上掉落下来。因此进行短时间高温处理时,热量不仅能够很好的直接伤害到麦蚜,而且麦穗的结构还能使得麦蚜无法逃脱和掉落,可导致麦蚜大量的死亡。因此,在穗部的试验中,从虫口下降率和千粒重两方面两方面看,短时间高温处理能够有效的防治小麦穗期麦长管蚜,且明显增加产量。另外,在利用短时高温对穗部麦蚜进行防治时发现,当天调查穗部麦蚜下降率较少(为9%~19%),且大多处理间差异不显著。在仔细观察中发现,这些缺失的蚜虫主要是在麦芒上的,当受到热风冲击时,直接掉落或逃脱了。而在麦粒之间的蚜虫,在热风处理时,大多因麦粒、麦芒的遮挡或拔不出口针而不能从穗部逃离而死亡。因此可见,对穗部麦长管蚜的短时高温处理,可获得理想的防治效果。

超过小麦能承受范围内的高温就会对小麦

产生一定的影响。刘萍等(2006)研究表明,在小麦灌浆时期温度超过 30℃后继续升高,总淀粉含量就开始下降;而达到 40℃时,总淀粉含量最低,小麦淀粉粒受到伤害,并出现裂纹。干热风是我国北方小麦生产上的主要气象灾害之一,干热风常常对小麦造成严重的减产,其受害主要在小麦的开花和灌浆期。在开花期受到干热风危害时,使得花药破裂,不能进行正常授粉,造成不实小穗数增多;灌浆和乳熟期遭受干热风,使得灌浆速度减慢,甚至停止灌浆,严重影响淀粉的形成,造成籽粒小,产量也有所下降;在黄熟期遇到干热风,使小麦出现早熟而千粒重下降的现象(丁霞等,2005;史应山等,2007;邓振镛等,2009)。本试验中叶部和穗部受到较高的温度后,外观有明显的伤害,千粒重也有所下降,但是在能承受范围内的高温和处理时间条件下,无论从外观还是千粒重都没有受到明显影响。

目前有关 45℃以上短时间高温对小麦影响的研究较少,主要集中在干热风对小麦生理和产量方面的研究,虽然短时间高温处理与干热风两者之间有相似之处,但是也有着较大的差异。在本试验中,虽然小麦受到高温伤害的时间较干热风为短,但温度较高,仅仅从外观方面评价其伤害还较粗放,所以观测了短时间高温处理对小麦千粒重的影响情况。尽管如此,这两方面的评价也都是伤害后的状况,而小麦受到短时高温影响(伤害)的机理尚不清楚。另外,麦田中麦蚜的天敌昆虫较多,因此,非常有必要进行专门的研究,明确其短时间高温对小麦的伤害程度及天敌的影响,从而为探索出既能有效地控制麦长管蚜为害又不造成小麦和天敌伤害的高温防治麦蚜实用技术提供理论基础。有关利用高温防治麦蚜

(包括其它害虫)的技术,虽然是一项绿色、新型的技术措施,但目前在田间的实用性还存在较大差距。一方面提供高温的设备还没有应用于大面积操作理想的专门供热设备,需进行室内外的深入研究,使其达到实用性强和适应广的目标;另一方面,由于田间的影响因素多,故所测定的高温和处理时间的理想组合在大面积操作时难以达到预想效果。因此,需要有针对性的开展进一步应用性研究。另外,研究利用高温防治田间害虫还应注意害虫的分布特点,选择集中分布在植株上部和明显易见的害虫为研究对象,可以实现预期目标。

参考文献 (References)

- 曹雅忠,李克斌,尹皎,张克诚,李贤庆,2006.小麦蚜虫不断猖獗原因及控制对策的探讨.植物保护,32(5): 72-75. [CAO YZ, LI KB, YIN J, ZHANG KC, LI XQ, 2014. Reason of the wheat aphids' continuous furious doings and study of control countermeasure. *Plant Protection*, 32(5): 72-75.]
- 曹雅忠,李世功,1990.麦蚜及其综合治理 // 李光博,曾士迈,李振岐.小麦病虫草鼠害综合治理.北京:中国农业科技出版社. 325-327[CAO YZ, LI SG, 1990. Wheat aphid and its integrated management. // LI GB, ZENG SM, LI ZQ. Integrated management of wheat pests. Beijing: China Agricultural Sciencetech Press. 19-325.]
- 曹雅忠,倪汉祥,1992.禾谷缢管蚜危害小麦穗部损失估计初步研究.植物保护,18(2): 17-18[CAO YZ, NI HX, 1992. Preliminary study on loss estimation of wheat spike damaged by *Rhopalosiphum padi*(Lin.). *Plant Protection*, 18(2): 17-18.]
- 邓振镛,徐金芳,黄蕾诺,张树誉,2009.我国北方干热风危害特征研究.安徽农业科学,37(20): 9575-9777[DENG ZY, XU JF, HUANG LN, ZHANG SY, 2009. Research on the damage characteristics of dry-hot wind in Northern China. *Journal of Anhui Agricultural Science*, 37(20): 9575-9777.]
- 丁霞,马晓群,郝莹,2005.安徽省沿淮北干热风特征及其对冬小麦的影响.农业科学,33(6): 977-978. [DIN X, MA XQ, HAO Y, 2005. Characteristics of dry-hot wind in Huaibei region of Anhui Province and its effects on winter wheat. *Journal of Anhui Agricultural Science*. 33(6): 977-978.]
- 董庆周,魏凯,孟庆祥,吴福祯,张广学,钟铁森,刘笃慧,1987.宁夏地区麦长管蚜远距离迁飞的研究.昆虫学报,30(3):

- 277–284. [DONG QZ, WEI K, MENG QX, WU FZ, ZHANG GX, ZHONG TS, LIU DH, 1987. Investigation on long distance migration of grain aphid(*Macrosiphum avenae*(Fabr.)) in Ningxia. *Acta Entomologica Sinica*, 30(3): 277–284.]
- 郭予元, 曹雅忠, 李世功, 武予清, 刘爱芝, 胡毅, 1988. 麦蚜混合种群对小麦穗期的危害和动态防治指标初步研究. 植物保护, 14(3): 2–5. [GUO YY, CAO YZ, LI SG, WU YQ, LIU AZ, HU Y, 1998. Harms of wheat aphid mixed population in the earring stage and preliminary study on dynamic target for control. *Plant Protection*, 14(3) : 2-5.]
- 国伟, 沈佐锐, 2004 .麦蚜迁飞的研究进展 .中国农学通报, 20(6): 251–254. [GUO W, SHEN ZR, 2004. Advances in Long-distance Migration of Wheat Aphids. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 20(6): 251–254.]
- 刘爱芝, 李素娟, 李世功, 武予清, 2001. 三种杀虫剂对麦田蚜虫和天敌的影响. 昆虫知识, 38(2): 125–127. [LIU AZ, LI SJ, LI SG, WU YQ, 2001. Impacts of three insecticides on wheat aphids and their natural enemies in wheat field. *Entomological Knowledge*, 38(2): 125–127.]
- 刘萍, 郭文善, 蒲汉春, 2006. 灌浆期短暂高温对小麦淀粉形成的影响 . 作物科学, 32(2): 182–188. [LIU P, GUO WS, PU HC, 2006. Effects of Transient high temperature during grain filling period on starch formation in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Acta Agronomica Sinica*, 32(2): 182–188.]
- 史应山, 尤凤春, 魏瑞江, 2007 .河北省干热风对小麦淀粉形成的影响 . 气象科技, 35(5): 699–702. [SHI YS, LONG FC, WEI RJ, 2007. Impact analysis of dry-hot wind on weight of thousand grain in Hebei Province. *Meteorological Science and Technology*, 2(2): 182–188.]
- 阳任峰, 李克斌, 尹姣, 杜光青, 曹雅忠, 2013. 短时间高温处理麦长管蚜的致死效应. 应用昆虫学报, 50(7): 1530–1535. [YANG RF, LI KB, YIN J, DU GQ, CAO YZ, 2013. The lethal effect of extreme high-temperature-short-time on *Sitobion avenae* (Fabricius). *Chinese Journal of Applied Entomology*, 50(7) :1530-1535.]
- 杨素钦, 逸兰, 1991 .北方冬麦区长管蚜远距离迁飞与气流运动的关系初探 . 病虫测报, (2): 11–16. [YANG SQ and YANG YL, 1991. A preliminary study on the relationship between long-distance migration and air motion in winter wheat region northern China. *Forecast of disease and pests*. (2): 11-16.]