

# 大棚土壤温度与黄化曲叶病毒病相关性研究

李映, 崔瑶, 葛喜珍\* (北京联合大学生物化学工程学院, 北京 100023)

**摘要** 采用大棚气象条件检测系统记录了大棚番茄种植季节环境温度的变化, 统计了不同指标的关联性, 并针对番茄黄化曲叶病毒病的发病规律进行了相关性研究。结果表明, 大棚内土壤温度与环境湿度、环境温度、土壤含水量和日均光照强度均存在一定的相关性, 可通过检测土壤温度来替代检测环境中其他相关指标。与此同时, 土壤温度可作为番茄黄化曲叶病毒病的预警指标, 即当土壤温度高于 20 ℃ 达 20 d 后, 发病率会到达高风险状态。运用由小檗碱、植物免疫蛋白、芽孢杆菌等生物防控系统在高风险时间段进行干预, 可有效控制发病率。运用该种预警与生物农药的结合, 为大棚番茄病毒病的预防提供了良好的理论基础。

**关键词** 大棚番茄; 土壤温度; 黄化曲叶病毒病; 生物防控

**中图分类号** S436.412.1<sup>1</sup> **文献标识码** A

**文章编号** 0517-6611(2022)20-0125-05

**doi**: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.20.032



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

## Relationship of Soil Temperature of Greenhouse Tomato Planting and Tomato Yellow Leaf Curl Virus

LI Ying, CUI Yao, GE Xi-zhen (College of Biochemical Engineering, Beijing Union University, Beijing 100023)

**Abstract** The variations of greenhouse environmental conditions were recorded by an automatic greenhouse meteorological monitoring system, and the relationship between different parameters were analyzed accompanied with the rate of tomato yellow leaf curl virus. The results indicated that soil temperature was tightly correlated to the environmental temperature, soil water content, humidity and light intensity. At the same time, soil temperature could be used as an early-warning parameter against tomato yellow leaf curl virus, namely when it was higher than 20 ℃ for 20 days, there would be a high rate of the virus disease. Moreover, using biological control such as *Berberine*, plants immune protein and *Bacillus* in the period that had high disease possibility could efficiently reduce the disease rate. These data were promising in the control of virus disease in greenhouse tomato planting.

**Key words** Greenhouse tomato; Soil temperature; Tomato yellow leaf curl virus; Biological control

番茄黄化曲叶病毒(tomato yellow leaf curl virus, TYLCV)引起的番茄黄化曲叶病毒病(tomato yellow leaf curl disease, TYLCD)是番茄毁灭性病害, 被称之为番茄的癌症, 造成的经济损失高达 100%, 严重威胁番茄产业的可持续发展。番茄感染 TYLCV, 生长停滞, 顶部叶片褪绿发黄、变小, 叶片边缘上卷, 叶片增厚、变硬。早期染病植株严重矮缩, 不能正常开花结果。生长发育后期染病植株结果减少, 果实小, 果实着色不均匀, 出现“半边脸”, 失去经济价值<sup>[1]</sup>。在大棚番茄种植过程中, 5—10 月是 TYLCV 的高发时段。自然条件下, TYLCV 主要通过烟粉虱以持久方式传播<sup>[2]</sup>。烟粉虱繁殖能力强, 传毒效率高, 早期预防烟粉虱是防治 TYLCV 的前提。

烟粉虱的防治主要采用化学农药的方法, 如使用扑虱灵、吡虫啉等抗虫药物, 然而该类药物残留多, 对人和环境危害较大<sup>[3]</sup>。相比之下, 生物农药在抗虫方面表现出良好的前景。目前已有多种抗虫的生物农药用于烟粉虱等害虫的防治, 如绿僵菌、桉油精等。相比之下, 生物农药环境友好, 但有效作用时间较短, 因此成本偏高<sup>[4]</sup>。然而对于因烟粉虱造成的 TYLCD, 化学农药目前没有任何办法予以防控和治疗, 只有植物免疫蛋白可以进行一定程度的预防和治疗, 即通过蛋白质刺激植物产生类似的应激, 促进植物对病害的抵抗力<sup>[5-6]</sup>。因此, 建立烟粉虱和 TYLCD 的预警模型, 且在高风险时段进行适当的生物农药干预, 是预防这 2 种病虫害的关键。笔者采用大棚气象条件检测系统记录了大棚番茄种植

季节环境温度的变化, 统计了不同指标的关联性, 并针对番茄黄化曲叶病毒病的发病规律进行了相关性研究。

### 1 材料与方法

**1.1 试验地概况** 试验设在河北省隆尧县千户营乡东毛尔寨村, 114°92'E, 37°40'N, 日光温室大棚, 土质为壤土, 有机种植用地, 8 年内未使用化肥和化学农药, 仅使用农家肥、沼液和生物农药, 土壤肥力中等, 地势平坦, 排灌方便。

**1.2 试验药剂** 6%寡糖·链蛋白可湿性粉剂(3%氨基寡糖素, 3%极细链格孢激活蛋白质)由中国农业科学院植保所研制; 醚菌酯 250 g/L 悬浮液, 上虞颖泰精细化工有限公司; 200 g/L 吡虫啉可溶液剂, 拜耳股份公司; 10%小檗碱可湿性粉剂, 杨凌馥稷生物科技有限公司; 枯草芽孢杆菌 1 000 亿孢子/g, 山东鲁抗生物农药有限责任公司; 绿僵菌 80 亿孢子/g 可湿性粉剂, 重庆聚立信生物工程有限公司; 5%桉油精可溶液剂, 北京亚戈农生物药业有限公司。

**1.3 试验设备与检测** 温室大棚环境监测系统由石家庄圣启科技有限公司提供, 空气温度测量范围 -20~70 ℃, 精度 ±0.1 ℃; 空气湿度(RH)测量范围 0~100%, 精度 ±2%; 采集番茄种植地土壤和空气资料, 主要包括空气温度、湿度、光照和 CO<sub>2</sub> 浓度, 土壤温度、湿度和土壤电导率, 检验环境因素与烟粉虱及番茄黄化曲叶病毒病的相关性。1 hm<sup>2</sup> 挂 450 片黄板, 色板底部高于植株上部叶片 20 cm, 诱捕烟粉虱成虫, 监测其发生动态。在前期检测大棚资料的基础上(2014—2018), 检验烟粉虱与番茄黄化曲叶病毒病的相关性, 根据预警防治。

**1.4 预警和回归方法** 使用上述设备自主检测获得试验原始数据, 取样时间为 4 月至次年 4 月, 覆盖番茄种植整个周

**基金项目** 北京市教委科技计划一般项目(KM202011417006); 河北省科技成果转化重点项目(19026517Z)。

**作者简介** 李映(1989—), 男, 河南许昌人, 副教授, 博士, 从事微生物学研究。\*通信作者, 教授, 博士, 从事生物农药研究。

**收稿日期** 2021-11-22

期。数据获取后使用 python 进行数据统计与回归分析。将全天气温、土壤温度、环境湿度、光照强度等计算平均值,得每天的数据点。使用  $t$  检验对试验组和对照组的各项参数进行独立性检验,检测高发和低发病率环境各项指标的显著性。

回归分析采用 python 中的 numpy 工具包。首先对数据进行清理,删除数据超过前后 14 d 内 2 倍的中位数绝对偏差值,并进行数据对齐。处理完成后针对上述数据,使用两两对比的回归分析。选用指数回归、傅里叶回归、高斯回归、线性回归、多项式回归共 5 种方式进行试验,根据数据点选取合适的回归形式及回归方程。选取发病率检测指标后,使用 scatterplot 函数绘制预警散点图,并将其中数据点使用热图,加入发病率数据,得最终预警曲线。

**1.5 田间试验设计** 温室长 60.0 m,宽 7.5 m,金棚 8 号 B 型番茄,株距 0.40 m,行距 0.70 m。选择病毒病发生严重的冬茬番茄(9月27日定植),浇足定植水。根据预警,在烟粉虱发生前 10 d,以醚菌酯+吡虫啉为对照,设计不同的生物农药防治。设 11 个处理,每个处理 30 株,3 次重复,随机区组排列。其中 CK(清水);处理①化学农药(醚菌酯悬浮液 1 g/1 500 mL+吡虫啉 1 g/1 500 mL);处理②小檗碱可湿性粉剂(1 g/1 500 mL);③寡糖·链蛋白可湿性粉剂(1 g/1 500 mL);④枯草芽孢杆菌(3.5 g/1 500 mL);⑤绿僵菌可湿性粉剂(1 g/1 500 mL);⑥桉油精可溶液剂(2 mL/1 500 mL);⑦小檗碱 1 g/1 500 mL+免疫蛋白 1 g/1 500 mL;⑧小檗碱 1 g/1 500 mL+免疫蛋白 1 g/1 500 mL+绿僵菌 1 g/1 500 mL;⑨小檗碱 1 g/1 500 mL+免疫蛋白 1 g/1 500 mL+绿僵菌 1 g/1 500 mL+桉油精 2 mL/1 500 mL;⑩枯草芽孢杆菌 1 g/1 500 mL+免疫蛋白 1 g/1 500 mL。根据 2014—2018 年回归和预警规律,预防试验在烟粉虱发生前 10 d 用药,治疗试验在黄化曲叶病毒出现当天用药。

**1.6 预防和防治施药时间** 根据 2016—2018 年土壤和空气资料,预防试验于 2019 年 9 月 28 日(烟粉虱出现前 10 d),10 月 8 日、18 日、28 日,11 月 8 日、18 日 17:00 后喷药,共 6 次喷药,12 月 1 日计数观察。治疗试验分别于 2019 年 10 月 8 日(首次观察到粉虱)、18 日、28 日,11 月 8 日、18 日、28 日 17:00 后喷药,共 6 次喷药,12 月 1 日计数观察。各处理严格按试验设计用药量折算,控制用药量和时间,其他管理措施同大棚。

### 1.7 调查方法

**1.7.1 灰飞虱调查方法。**最后一次喷药 24、72 h 后,各处理小区 5 点法取样,每采样点选取 10 株番茄,每株选取上、中、下各 1 片叶,统计成虫数量,计算虫口减退率。

$$\text{虫口减退率} = (\text{清水对照组虫口数} - \text{处理组虫口数}) / \text{清水对照组虫口数} \times 100\% \quad (1)$$

**1.7.2 黄化曲叶病毒调查方法。**番茄感染病毒,叶片畸形、皱缩,植株轻度矮化,失去经济价值,故计算病株率和防治效果,计算公式:

$$\text{病株率} = \text{病株数} / \text{调查总株数} \times 100\% \quad (2)$$

$$\text{防治效果} = (\text{清水处理区病株数} - \text{处理区病株数}) / \text{清水处理区病株数} \times 100\% \quad (3)$$

## 2 结果与分析

**2.1 主要指标的分析与筛选** 在大棚番茄的全年种植季中,将发病率高和发病率低 2 个季节的相关气象数据进行整理和分析,比较 2 个不同季节的各项指标是否存在明显差异,结果见表 1。由表 1 可知,在 2 个不同的种植季中,除土壤平均含水量不存在明显差异外,平均气温、平均湿度、平均土壤温度和平均光照强度均存在较大差别( $P < 0.001$ )。其中,土壤平均温度的差异最为明显。与此同时,针对发病率较高的种植季,比较了各项参数之间的相对标准偏差(RSD),结果表明,土壤温度的波动最小,是较为稳定的大棚环境参数,受到外界的影响较小。

表 1 不同种植季节各项环境指标的差异性检验和相对标准偏差

Table 1 P values of environmental conditions in different planting seasons and their relative standard deviations

| 项目 Item                     | P                      | RSD  |
|-----------------------------|------------------------|------|
| 气温 Air temperature          | $4.08 \times 10^{-13}$ | 0.15 |
| 湿度 Humidity                 | $7.52 \times 10^{-11}$ | 0.18 |
| 土壤温度 Soil temperature       | $4.20 \times 10^{-30}$ | 0.08 |
| 土壤含水量 Soil moisture content | 0.40                   | 0.23 |
| 光照强度 Light intensity        | $8.94 \times 10^{-6}$  | 0.63 |

针对上述试验结果,将不同季节的数据进行了整合,探究是否可以用较为稳定的土壤温度作为大棚环境的表征,探究其与病虫害之间的关系(置信区间 95%)。拟合的试验结果见图 1。由图 1 可知,土壤温度与其他 4 种环境因素之间均存在较强的相关性。在不同种植季节的土壤温度变化范围内,大棚内平均气温、平均湿度、土壤含水量和平均光照强度之间,均可使用多项式进行描述,证明上述指标存在较强的相关性。根据不同的回归分析结果,土壤温度与其他环境因素之间存在的关系方程式:

土壤温度  $t$  与平均气温  $T$  的回归曲线:

$$T = 0.04t^2 - 0.48t + 12.82$$

土壤温度  $t$  与湿度  $H$  的回归曲线:

$$H = -0.39t^2 + 11.55t + 5.19$$

土壤温度  $t$  与土壤含水量  $W$  的回归曲线:

$$W = -0.014t^3 + 0.653t^2 - 9.69t + 64.8$$

土壤温度  $t$  与光照强度  $L$  的回归曲线:

$$L = 11.32t^3 - 533.5t^2 - 8295t$$

由于土壤温度变化波动较小,因此土壤温度是作为番茄病毒病较为理想的指标。

**2.2 烟粉虱、TYLCD 发病率与土壤温度、时间的三维分析** 为进一步研究环境因素的变化与烟粉虱、TYLCD 发病率之间的关系,针对该 2 种病害发生率较高的种植季,对其土壤温度、种植时间和发病率之间的关系进行了统计和分析,结果见图 2。由图 2 可知,烟粉虱和 TYLCD 的发病率均在土壤温度较高的环境下发生,且 TYLCD 的发病速率要慢于烟粉虱的发病速率,因烟粉虱是传播 TYLCD 的关键因素。

由此可知,在土壤温度逐渐上升的种植季,是大棚番茄受到烟粉虱和 TYLCD 影响较大的时期。与此同时,烟粉虱和 TYLCD 的发病高风险区域为土壤温度稳定增长到 20 °C 以上,此时环境温度较高、湿度较低,且日均光照时间较长,适合烟粉虱的生长。在此温度下,经过约 10 d 的时间,烟粉虱

和 TYLCD 进入暴发式的增长阶段。因此,根据该试验结果推断,在土壤温度连续大于 20 °C 的情况下,应尽早进行烟粉虱和 TYLCD 的生物防控和干预,且预防烟粉虱是预防 TYLCD 的关键。

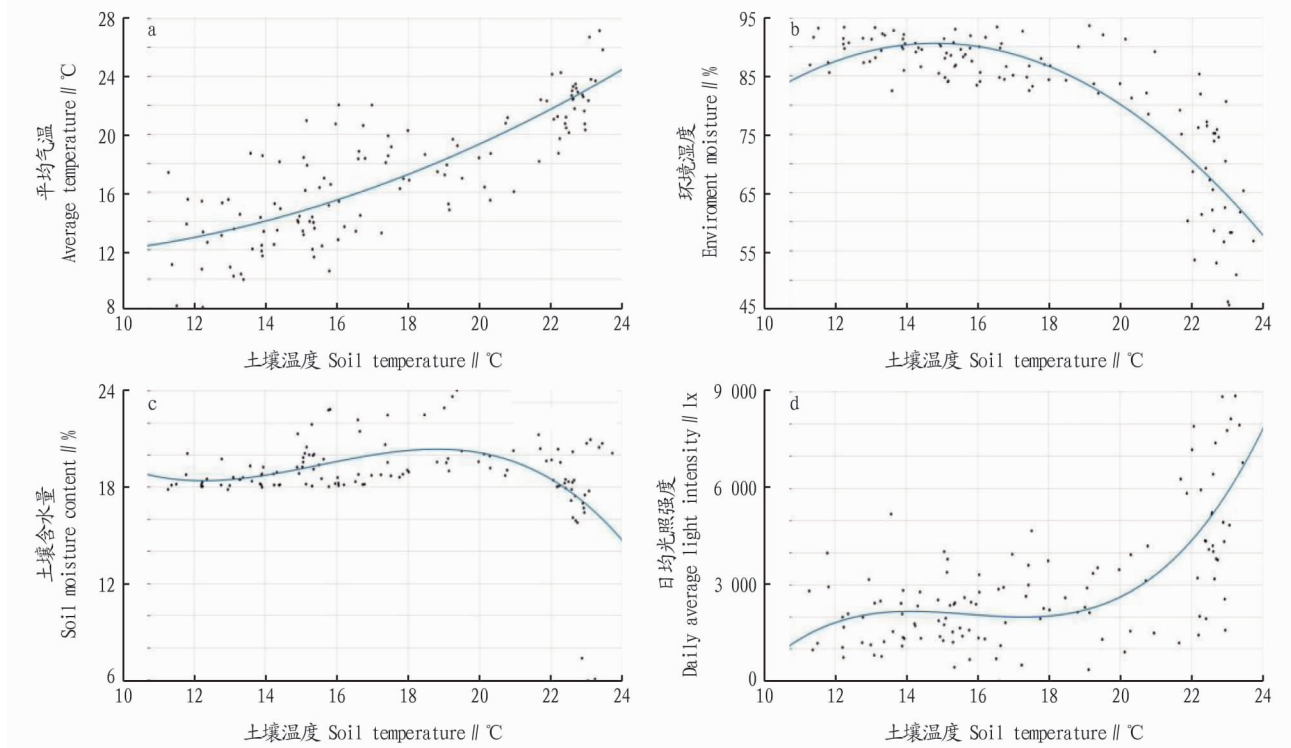


图 1 土壤温度与平均气温 (a)、土壤湿度 (b)、土壤含水量 (c) 和日均光照强度 (d) 的回归分析

Fig.1 Regression analysis between soil temperature and air temperature (a), soil humidity (b), soil water content (c) and daily average light intensity (d)

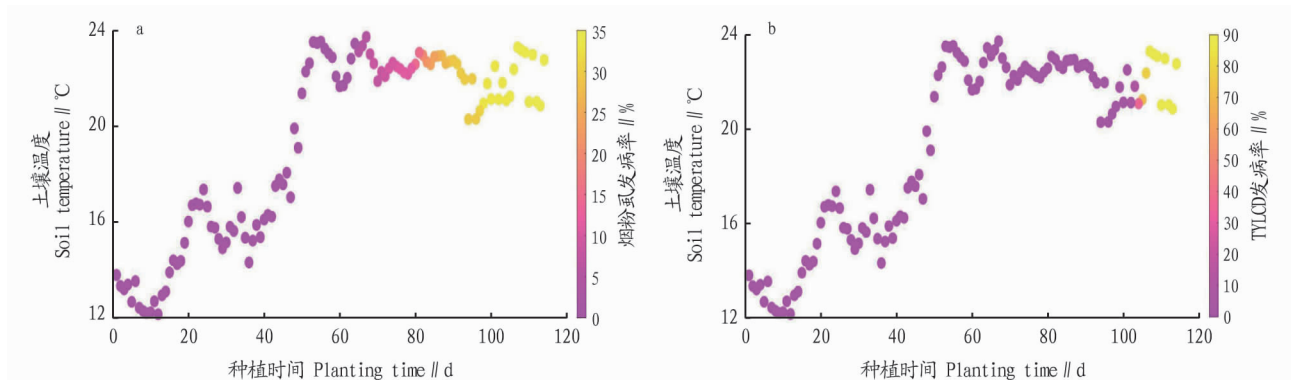


图 2 土壤温度、种植时间与发病率之间的相关性分析

Fig.2 The relationship between planting time, soil temperature and diseases

**2.3 不同生物农药复合使用对烟粉虱的防治效果** 为研究生物农药对烟粉虱的防治作用,进行了相关生物农药的配比试验。结果表明,预防组用药 24 h 后,小檗碱+免疫蛋白+绿僵菌+桉油精 (19.4%)、桉油精 (17.0%) 均有不同程度的退虫作用,虫口退减率在 17% 以上,其余各组虫口退减率较低或出现残留虫数大于对照组 (表 2)。在防治组,小檗碱+免疫蛋白+绿僵菌+桉油精 (22.0%)、桉油精 (17.3%) 虫口退减率较高,其余各组虫口退减率较低或出现残留虫数大于对照

组。预防组用药 72 h 后,小檗碱+免疫蛋白+绿僵菌+桉油精虫口退减率最高 (3.3%),其他各组均非常低。防治组小檗碱+免疫蛋白+绿僵菌+桉油精虫口退减率最高 (4.4%)。上述结果说明,烟粉虱种群活跃,繁殖快,种群恢复迅速,番茄种植密度等原因决定烟粉虱种群恢复速度。同一处理各组预防与防治组间烟粉虱残留虫数和虫口退减率均无显著差异;同一处理各组 72 h 残留虫数和虫口退减率无显著差异,说明药物处理能短期驱赶或抑制灰飞虱,72 h 后灰飞虱种群

迅速恢复。预防用药未降低烟粉虱数量和虫口退减率,药剂防治烟粉虱短期有效,长期效果不显著。

**2.4 不同处理对 TYLCD 的防治效果** 针对出现的 TYLCD 进行治疗试验,番茄出现病毒症状时使用杀菌剂,防效低(表 3),枯草芽孢杆菌防效最高(14.90%),未达 15%,依次为小檗碱(13.13%)、小檗碱+免疫蛋白+绿僵菌(11.95%)、小檗碱+免疫蛋白(11.90%)、枯草芽孢杆菌+免疫蛋白(11.80%)、绿僵菌(9.23%)、寡糖·链蛋白(9.23%)、醚菌酯+吡虫啉(9.18%)、小檗碱+免疫蛋白+绿僵菌+桉油精(7.85%)和桉油

精(5.23%)。预防效果由高到低表现为小檗碱+免疫蛋白+绿僵菌(70.59%)>小檗碱+免疫蛋白(57.36%)>寡糖·链蛋白(50.00%)>小檗碱+免疫蛋白+绿僵菌+桉油精(47.06%)>小檗碱(44.12%)>枯草芽孢杆菌+免疫蛋白(38.24%)>绿僵菌(22.06%)>桉油精(19.12%)>枯草芽孢杆菌(17.65%)>醚菌酯+吡虫啉(16.18%)。单独用药的免疫蛋白和小檗碱防效高于 44%,二者均能提高植物免疫力,通过提高免疫达到防治作用。预防试验组,使用杀菌剂对番茄 TYLCD 防效明显高于防治组。

表 2 不同处理对烟粉虱的预防和治疗效果

Table 2 The effect of different treatments on preventing *Bemisia*

| 处理<br>Treatment | 烟粉虱预防用药(24 h)<br>Prevention of <i>Bemisia tabaci</i>  |                              | 烟粉虱防治用药(24 h)<br>Control of <i>Bemisia tabaci</i>     |                              | 烟粉虱预防用药(72 h)<br>Prevention of <i>Bemisia tabaci</i>  |                              | 烟粉虱防治用药(72 h)<br>Control of <i>Bemisia tabaci</i>     |                              |
|-----------------|---|------------------------------|---|------------------------------|---|------------------------------|---|------------------------------|
|                 | 虫口退减率<br>Reduction rate<br>of insect<br>population//% | 残留虫<br>Residual<br>worm<br>个 | 虫口退减率<br>Reduction rate<br>of insect<br>population//% | 残留虫<br>Residual<br>worm<br>个 | 虫口退减率<br>Reduction rate<br>of insect<br>population//% | 残留虫<br>Residual<br>worm<br>个 | 虫口退减率<br>Reduction rate<br>of insect<br>population//% | 残留虫<br>Residual<br>worm<br>个 |
| CK              | 0.0   | 82.3                         | 0.0   | 85.0                         | -0.1  | 88.7                         | 0.3   | 90.0                         |
| ①               | 4.9   | 78.3                         | 2.7   | 82.7                         | 0.3   | 88.3                         | 3.3   | 87.3                         |
| ②               | 1.9   | 80.7                         | 1.5   | 83.7                         | 2.6   | 86.3                         | 0.7   | 89.7                         |
| ③               | -3.6  | 85.3                         | -1.5  | 86.3                         | -0.5  | 89.0                         | -2.2  | 92.3                         |
| ④               | -5.7  | 87.0                         | -4.4  | 88.7                         | -5.8  | 93.7                         | -4.4  | 94.3                         |
| ⑤               | 6.8   | 76.7                         | 14.1  | 73.0                         | 0.7   | 88.0                         | 1.8   | 88.7                         |
| ⑥               | 17.0  | 68.3                         | 17.3  | 70.3                         | -2.4  | 90.7                         | 2.9   | 87.7                         |
| ⑦               | 1.9   | 80.7                         | -1.5  | 86.3                         | -6.4  | 94.3                         | -5.2  | 95.0                         |
| ⑧               | 3.2   | 79.7                         | 5.9   | 80.0                         | -0.5  | 89.0                         | 2.9   | 87.7                         |
| ⑨               | 19.4  | 66.3                         | 22.0  | 66.3                         | 3.3   | 85.7                         | 4.4   | 86.3                         |
| ⑩               | -5.7  | 87.0                         | -0.8  | 85.7                         | -6.4  | 94.3                         | -3.8  | 93.7                         |

表 3 不同处理对 TYLCD 的防治效果

Table 3 The effect of different treatments on TYLCD %

| 处理<br>Treatment | 治疗组 Treatment group           |                         | 预防组 Prevention group          |                         |
|-----------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------|
|                 | 病株率<br>Diseased plant<br>rate | 防效<br>Control<br>effect | 病株率<br>Diseased plant<br>rate | 防效<br>Control<br>effect |
| CK              | 84.44±1.92                    | —                       | 75.56±5.09                    | —                       |
| ①               | 76.66±3.33                    | 9.18 *                  | 63.30±3.33                    | 16.18 *                 |
| ②               | 73.33±0.00                    | 13.13 **                | 42.22±3.85                    | 44.12 **                |
| ③               | 76.67±5.77                    | 9.23 *                  | 37.78±5.09                    | 50.00 **                |
| ④               | 73.33±5.77                    | 14.90 *                 | 62.22±1.92                    | 17.65 *                 |
| ⑤               | 76.67±3.33                    | 9.23 *                  | 58.89±3.84                    | 22.06 **                |
| ⑥               | 78.89±5.12                    | 5.23 *                  | 61.11±1.92                    | 19.12 *                 |
| ⑦               | 74.44±6.93                    | 11.90 **                | 29.41±5.86                    | 57.36 **                |
| ⑧               | 74.44±10.18                   | 11.95 **                | 22.22±3.85                    | 70.59 **                |
| ⑨               | 75.56±1.92                    | 7.85 *                  | 40.00±6.67                    | 47.06 **                |
| ⑩               | 74.44±1.92                    | 11.80 **                | 46.67±3.33                    | 38.24 **                |

注: \* 表示与 CK 对照组差异显著( $P < 0.05$ ), \*\* 表示与 CK 对照组差异极显著( $P < 0.01$ )

Note: \* indicated significant difference with control group ( $P < 0.05$ ), \*\* indicated extremely significant difference with control group ( $P < 0.01$ )

### 3 讨论

外部气候因素变化直接影响 TYLCD 的发生、发展<sup>[7-9]</sup>。该研究根据 2014—2018 年采集的设施番茄环境因素,检验空气温度、湿度、光照和土壤湿度,并与土壤温度进行相关性分析。结果表明,上述指标均与 TYLCD 存在较强的相关性,其中随温度升高 TYLCD 发生率明显增加。2013 年,吐鲁番

地区温室晚茬番茄全部感染 TYLCD,导致绝收,认为气温高病毒传播蔓延快,加上秋冬茬番茄播种早、株间距密、氮肥施用多、管理粗放等,有利烟粉虱危害传毒<sup>[10-11]</sup>。由于土壤温度变化波动小,作为番茄病毒病发生的预警指标,比较稳定。根据回归,当土壤平均温度高于 20 °C, TYLCD 发生概率增加,需预防用药。

传统关于烟粉虱田间预测预报,主要用黄板诱集、性信息素诱集和田间调查统计等方法,根据田间虫态的发生发育进度、虫量及天敌数量,结合田间作物生长情况,分析预测烟粉虱的发生趋势<sup>[12]</sup>。利用大数据预警,能及时、有效地防止病虫害暴发<sup>[13]</sup>。该研究结果表明,2014—2018 年,番茄黄化曲叶病毒病严重发生期和轻发生期空气温度、空气湿度、光照、土壤温度、土壤湿度等与烟粉虱发生率的相关性。若土壤平均温度高于 20 °C 维持 10 d 以上,即使土壤温度因天气原因再次降低,病毒病的发病率也无明显改善。由图 2 颜色变化看出,烟粉虱发病率的增长,相对于病毒病感染率慢<sup>[14]</sup>。因此,病毒病的防治,主要以烟粉虱的防治为主。当烟粉虱发病率超过 20%,若不能有效控制,则 10 d 之内病毒病的感染率会快速达 60% 以上,造成大棚大面积减产甚至绝收。

该研究结果表明,对于烟粉虱防控,预防用药比治疗用药防效高,且持续时间长。鉴于烟粉虱极强的传毒和繁殖力,在番茄整个生命周期,依靠化学药剂防效低,不能实现对

番茄黄化曲叶病毒病的有效防控。番茄大棚烟粉虱防治困难,故设施番茄生产过程,应密切监控烟粉虱的发生发展。该研究使用各种生物农药组合,小檗碱+免疫蛋白+绿僵菌+桉油精组,预防和治理 24 h 内虫口退减率可达 19%~22%。随时间推移至 72 h,虫口退减率仅为 3.3%~4.4%,退虫效果不明显。在不同处理对 TYLCD 的防治效果中,根据预警,提前 15 d 用药预防,TYLCD 发病率明显降低,小檗碱+免疫蛋白+绿僵菌组防效可达 70.59%。国内外关于 TYLCD 的防控方案,多推荐叶面喷施杀虫剂杀灭传毒昆虫烟粉虱为主,在生产实践中,菜农在防治番茄 TYLCD 时多喷药防治,但实际防治效果差,甚至无效果<sup>[15]</sup>。因此,在预警基础上如提前施药免疫蛋白+小檗碱,可提高植株免疫力,从而提高植物对 TYLCD 的抵抗力。

### 参考文献

- [1] 陶秀娟. 宁南霉素等药剂对番茄黄化曲叶病毒病的田间防效[J]. 安徽农业科学, 2017, 45(4): 161-162, 165.
- [2] 李英梅, 杨苗苗, 刘晨, 等. 杀虫剂对烟粉虱传番茄黄化曲叶病毒病的防控效果[J]. 西北农业学报, 2019, 28(3): 466-474.
- [3] 樊美丽, 何欢字, 黄淼, 等. 22% 螺虫·噻虫啉 SC 防治番茄烟粉虱田间

- 药效试验[J]. 上海蔬菜, 2017(2): 50-52.
- [4] 褚栋, 张友军. 近 10 年我国烟粉虱发生为害及防治研究进展[J]. 植物保护, 2018, 44(5): 51-55.
- [5] 于洁, 王登杰, 张林雅, 等. 参与烟粉虱免疫反应的 clip 丝氨酸蛋白酶基因分析[J]. 植物保护学报, 2016, 43(1): 55-61.
- [6] 于洁, 王登杰, 雷仲仁, 等. 烟粉虱模式识别受体  $\beta$ GRPs 的先天免疫应答[J]. 植物保护学报, 2016, 43(1): 48-54.
- [7] 毛亮, 潘卫萍, 刘翔宇, 等. 新疆吐鲁番地区秋冬茬设施番茄抗黄化曲叶病毒病品种的筛选研究[J]. 新疆农业科学, 2016, 53(9): 1633-1639.
- [8] 李圣辰, 于广威, 卢倩, 等. 黄板对番茄烟粉虱的防治效果[J]. 北方园艺, 2017(2): 129-131.
- [9] 迟志浩, 于艳雪, 周萍, 等. 基于有害生物集群的聚类分析在入侵生物定殖研究中的应用[J]. 中国植保导刊, 2017, 37(1): 17-22.
- [10] 关雪, 胡琼波. 烟粉虱传播的植物病毒病及其化学防治研究进展[J]. 广东农业科学, 2020, 47(6): 63-69.
- [11] 张前荣, 温友放, 李大忠, 等. 福建省番茄黄化曲叶病毒的分子鉴定分析[J]. 福建农业学报, 2016, 31(6): 611-615.
- [12] 田兆丰, 卢向阳, 厚凌宇, 等. 番茄黄化曲叶病毒病抗性材料的筛选鉴定[J]. 科技导报, 2014, 32(12): 31-35.
- [13] 柯红娇, 王勇, 卫甜, 等. 成团泛菌 Ljb-2 对番茄黄化曲叶病毒病的田间防效初步研究[J]. 园艺学报, 2014, 41(5): 985-993.
- [14] 毛亮, 潘卫萍, 刘翔宇, 等. 新疆吐鲁番地区秋冬茬设施番茄抗黄化曲叶病毒病品种的筛选研究[J]. 新疆农业科学, 2016, 53(9): 1633-1639.
- [15] 郑积荣, 王慧俐, 王佳明. 优质复合抗病番茄新品种抗杂 401 的选育[J]. 安徽农业大学学报, 2011, 38(1): 110-117.

(上接第 124 页)

学除草带来困难,同时冬枣果实处于果实膨大期,禾本科类杂草如马唐、狗尾草是夏季杂草的主要种类,是重点防治对象。杂草的无序生长,特别是一些攀缘性杂草如葎草,将会加剧与冬枣树体的争肥、争水、争光照,严重影响冬枣产量与品质<sup>[10]</sup>。对一些多年生杂草、深根性杂草小薊、打碗花、香附子等,如果防治不及时,也能造成一定程度的杂草危害。

马丰蕾等<sup>[11]</sup>对果园常见杂草种类进行了栽培学意义上的分类,将我国常见的 300 种果园杂草分为无害杂草、轻度危害杂草和重度危害杂草 3 类。借鉴其杂草分类理念,根据豫东地区冬枣果园杂草种类危害程度,将荠菜、马齿苋、小巢菜、小薊、打碗花、车前草、猪殃殃、野燕麦、泽漆、龙葵、马泡 11 种杂草列为冬枣果园的无害杂草;黄花蒿、牛筋草、苍耳、鬼针草、商陆、香附子、苘麻 7 种杂草列为轻度危害杂草;将葎草、马唐、狗尾草、羊蹄、藜、苋菜、小飞蓬、一年蓬 8 种杂草列为重度危害杂草。对不同危害程度的杂草,根据杂草发生状况、杂草的生物学特性,采取不同的防治措施<sup>[12]</sup>,降低杂草危害。

果园杂草与普通田间杂草有所不同,特别是规模化栽培的果园,果树与果园内杂草组成一定面积的微生态系统,在杂草防治时,要兼顾植物的多样性,保持果园区域生态系统的稳定性<sup>[13-14]</sup>。要制定综合性杂草防治方案,提倡以生态控制为主,人工、物理、化学防治措施相结合,通过不同除草技

术措施,最终实现控制杂草、改善果园生态环境的效果,将杂草危害控制在经济允许的范围内,实现经济效益与生态效益相统一。

### 参考文献

- [1] 王冰洁, 曹先进, 许兵强, 等. 河南省太康县古树名木资源现状调查[J]. 安徽农业科学, 2020, 48(2): 133-134, 141.
- [2] 郭怡卿, 赵国晶, 李向东, 等. 云南果园杂草的危害与防除策略[J]. 云南农业科技, 1994(4): 7-9.
- [3] 许支援, 许坤瑞, 沈和通, 等. 果园杂草的综合防除[J]. 福建果树, 2001(2): 30-31.
- [4] 彭日民, 彭勇, 向国红, 等. 湘中地区黄桃果园杂草种类调查及防治技术研究[J]. 农业科技通讯, 2017(12): 209-212.
- [5] 官庆涛, 武海斌, 张坤鹏, 等. 泰安新建苹果园杂草种类及优势种群调查[J]. 天津农业科学, 2016, 22(7): 78-81.
- [6] 孟庆兰, 王媛媛, 孙玮, 等. 木本花卉苗木圃地杂草种类调查及综合防除技术研究[J]. 林业科技通讯, 2016(10): 63-66.
- [7] 陈树文, 苏少范. 农田杂草识别与防除新技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 2007.
- [8] 李扬汉. 中国杂草志[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998.
- [9] 裴宝红. 天水地区大樱桃果园杂草的防除方法[J]. 特种经济动植物, 2014, 17(4): 51-52.
- [10] 崔萍. 果园杂草防治技术[J]. 宁夏农林科技, 2010(6): 160, 107.
- [11] 马丰蕾, 贾克功. 果园杂草的栽培学分类研究[J]. 中国农业科技导报, 2007, 9(2): 134-138.
- [12] 郑建强, 邱玉芹, 毛学明, 等. 烟台市果园杂草的种类调查[J]. 杂草科学, 2001(1): 13-15, 22.
- [13] 焦子伟, 张相锋, 尚天翠, 等. 国内外有机农业杂草控制技术研究进展[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(1): 1-7.
- [14] 伦志磊, 张德安, 袁俊云, 等. 果园杂草的防除及其对果园的综合效应[J]. 山东林业科技, 2006(1): 77-79.