技术与方法

鲜食玉米草地贪夜蛾精准化学防治技术及应用*

苏贤岩[1**] 胡 飞[1] 陈永田[2] 韩海亮[3] 聂僖曼[4]
谷凯鑫[1] 史雪岩[5] 王振营[6] 徐丽娜[1***]

（1. 安徽省农业科学院植物保护与农产品质量安全研究所，合肥 230031；2. 安徽省无为市植保站，无为 238300；
3. 浙江省农科院玉米与特色旱粮研究所，东阳 322100；4. 合肥市农业经济技术服务管理总站，合肥 230041；
5. 中国农业大学植物保护学院，北京 100083；6. 中国农业科学院植物保护研究所，北京 100081）

摘 要 【**目的**】探索鲜食玉米草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* 高效化学精准防治模式，减少防治次数并提高防治效果。【**方法**】调查评价了移栽前及苗期、大喇叭口期和穗期施药对鲜食玉米草地贪夜蛾的动态防治效果，构建了鲜食玉米草地贪夜蛾全程精准化学防治技术模式。【**结果**】鲜食玉米移栽前喷雾防治，药后 14 d防治效果为 60.90%±5.08%，药后 23 d可保持在 60.02%±4.79%，药后 30 d降至 16.04%±23.92%；移栽前+苗期喷雾防治各 1 次，末次药后 3、7 和 14 d 的防治效果分别为 98.75%±2.80%、95.14%±8.13%和 79.20%±8.43%，大喇叭口后期防效下降至 22.00%±5.81%；大喇叭口期撒施颗粒剂防治 1 次，药后 3 和 7 d 的防治效果分别为 70.06%±2.47%和 34.93%±11.83%；抽雄期喷雾防治 1 次，穗期防治效果为 71.90%±27.06%至 85.83%±14.91%，收获期没有出现被害穗，商品穗增产率达 11.59%±6.93%。【**结论**】移栽前喷雾防治 1 次，并在苗期、大喇叭口期和抽雄期各使用高效低毒化学农药防治 1 次，可有效控制鲜食玉米草地贪夜蛾为害，其中移栽前和抽雄期喷雾防治对夏播鲜食玉米草地贪夜蛾防控具有关键作用。

关键词 鲜食玉米；草地贪夜蛾；精准化学防治；施药时期；防治效果

Precision chemical control strategy for *Spodoptera frugiperda* on fresh maize

SU Xian-Yan[1**] HU Fei[1] CHEN Yong-Tian[2] HAN Hai-Liang[3] NIE Xi-Man[4]
GU Kai-Xin[1] SHI Xue-Yan[5] WANG Zhen-Ying[6] XU Li-Na[1***]

(1.Institute of Plant Protection and Agro-products Safety, Anhui Academy of Agricultural Sciences, Hefei 230031, China; 2. Wuwei Station of Plant Protection, Anhui Province, Wuwei 238300, China; 3. Institute of Maize and Featured Upland Crops, Zhejiang Academy of Agricultural Science, Dongyang 322100, China; 4. Hefei Agricultural Economic and Technical Service Management Station, Hefei 230041, China; 5. College of Plant Protection, China Agricultural University, Beijing 100083, China; 6. Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract **[Aim]** To develop an efficient and precise method of chemical control to control *Spodoptera frugiperda* in fresh maize crops, with the aim of reducing the frequency of chemical applications while improving control efficacy. **[Methods]** The effectiveness of pesticide applications at different maize growth stages, including the pre-transplanting, seedling stage, late whorl stage, and tasseling stage, were measured and compared to determine the optimal chemical control strategy for *S. frugiperda* in fresh maize crops. **[Results]** The efficacy of applying "sending-off" pesticide to fresh maize before transplanting was 60.90% ± 5.08% 14 days after application, remained at 60.02% ± 4.79 % after 23 days, then decreased to 16.04% ± 23.92% after 30 days. Combining an application of "sending-off" pesticide with one foliar spray at the seedling stage,

*资助项目 Supported project：国家重点研发计划（2024YFD1400300）
**第一作者 First author，E-mail：43512457@qq.com
***通讯作者 Corresponding author，E-mail：caasxln@163.com
收稿日期 Received：2025-05-24；接受日期 Accepted：2026-05-20

achieved efficacies at 3, 7, and 14 days after application of 98.75% ± 2.80%, 95.14% ± 8.13%, respectively, and 79.20% ± 8.43%, after the final application, then declined to 22.00% ± 5.81% at the late whorl stage. A single application of granules at the whorl stage, achieved control efficacies at 3 and 7 days after application of 70.06% ± 2.47% and 34.93% ± 11.83%, respectively. A single spray at the tasseling stage, achieved control efficacy during the ear stage of from 71.90%± 27.06% to 85.83% ± 14.91%. No damaged ears were observed at harvest, and the proportion of marketable ears increased by 11.59% ± 6.93%. **[Conclusion]** One pre-transplanting application of pre-planting pesticide, combined with one spray of highly effective, low-toxicity chemical pesticides at the seedling, late whorl, and tasseling stages, can effectively control *S. frugiperda* in fresh maize crops. Of these pesticide regimes, the pre-transplant pesticide application and the tasseling-stage application play key roles in managing *S. frugiperda* in summer-sown fresh maize.

Key words　fresh maize; *Spodoptera frugiperda*; pesticide application period; precision pesticides control; control effect

鲜食玉米素有“粗粮之王”的美称，富含维生素、矿物质和氨基酸，具有低脂、高纤维、高饱腹感的特点，营养和保健价值突出（卢柏山等，2019；薛敏和但仕勇，2024），且鲜食玉米种植周期相对较短，经济效益明显优于普通饲料玉米（王绍新等，2023；安林等，2025）。中国是世界上最大的鲜食玉米生产国与消费国（史振声和钟雪梅，2016），年种植面积稳定在 133.3 万 hm^2 以上，且近年来不断扩大，2022 年突破 166.6 万 hm^2（郭俊廷等，2024）。

受无霜期限制，安徽省鲜食玉米的适宜播种时间为 4 月初至 7 月底。结合茬口安排，生产上主要采用春播和夏播两种模式，其中夏播多集中于 7 月份（唐经祥等，2018）。这一时期恰逢重大害虫草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* 在安徽省的主要为害阶段（毕思佳等，2024）。2019 年 1 月，草地贪夜蛾入侵我国云南，随后迅速扩散至多个省份（姜玉英等，2019；杨学礼等，2019）。该虫具有繁殖力强、适生性广、暴食为害等特点（Day *et al*.，2017；郭井菲等，2018），对我国玉米生产构成严重威胁。草地贪夜蛾主要取食玉米叶片和果穗，对鲜食玉米生产造成严重威胁。为防治该害虫，鲜食玉米在每个生长周期内通常需多次施药。化学农药的频繁使用，不仅增加了草地贪夜蛾的抗药性风险，也提高了玉米产品中的农药残留风险（蒋凯，2026）。建立鲜食玉米草地贪夜蛾精准化学防治技术意义重大。

本研究于 2024 年 8-11 月以安徽无为市夏播鲜食玉米为研究对象，比较不同时期施用化学药剂对草地贪夜蛾的防治效果，并通过采收期防效和产量进行综合评价，明确关键防治时期，以期建立夏播鲜食玉米草地贪夜蛾全程精准化学防治技术模式，为进一步提高鲜食玉米生产水平、保障品质、降低农药残留提供指导。

1　材料与方法

1.1　试验材料

试验玉米品种：迪彩甜糯 676，购自安徽种子大市场。

试验药剂：200 g/L 氯虫苯甲酰胺悬浮剂（安徽辉隆集团银山药业有限责任公司）、14%甲维·茚虫威悬浮剂（江苏长青生物科技有限公司）、0.7%氯虫·甲维盐微颗粒剂（中国农业科学院植物保护研究所提供）、25%乙基多杀菌素水分散粒剂（科迪华农业科技有限责任公司）和助剂 PDMS-Z（安徽省农业科学院植物保护与农产品质量安全研究所自研高效润湿渗透型飞防助剂）。

试验设备：大疆 T60 植保无人机和超农力 3WBD-20L 型背负式电动喷雾器。

1.2　试验方法

1.2.1　试验地情况　试验在无为市福渡镇玉米种植基地（31°30′ N，117°96′ E）进行，周边为水稻田，试验田块玉米-玉米连作，地势平坦，土层深厚，中上等肥力。2024 年 8 月 11 日穴盘育苗，8 月 23 日移栽，每 667 m^2 定植约 2 780 株，株距 0.3 m，行距 0.8 m，田间管理条件一致，符合当地农业生产实践。

1.2.2 试验设计 试验设置精准化学防治区（A，以下简称精化区）、农户自主防治区（B，以下简称自防区）、单次施药效果对比区（T_n，n 对应于精化区第 n+1 次施药）和不防治对照区（CK）。试验采用大区处理，精化区和自防区面积均为 3 335 m^2，各单次施药效果对比区及 CK 面积均为 67 m^2，总面积 6 938 m^2。

精化区及各对比区施药方案见表 1。移栽前、4-6 叶期及抽雄期均使用背负式电动喷雾器施药，用水量 30 L/667 m^2，大喇叭口期采用植保无人机撒施农药颗粒剂。农户自防区针对草地贪夜蛾，共防治 6 次，分别为：移栽后至小喇叭口期喷施 15%阿维·茚虫威悬浮剂防治 2 次，小喇叭口至大喇叭口期喷施 6%阿维·氯苯酰悬浮剂防治 1 次，5%虱螨脲乳油和 25%乙基多杀菌素水分散粒剂桶混喷雾防治 1 次，大喇叭口至灌浆期 5%虱螨脲乳油和 25%乙基多杀菌素水分散粒剂桶混喷雾防治 1 次，6%阿维·氯苯酰悬浮剂喷雾防治 1 次。

1.2.3 试验调查 调查时间：移栽前施药后 7 和 14 d，4-6 叶期施药后 3、7 和 14 d，大喇叭口期施药后 3 和 7 d，抽雄期施药后 7 和 21 d 分别调查被害株数和虫量；4-6 叶期施药后 14 d 及大喇叭口期施药后 3 d 调查植株被害指数；采收期（11 月 6 日）调查被害果穗数及产量。

调查方法：将各处理区平均分为 3 个小区作为重复，在各小区内采用 5 点取样法进行调查。防效调查，每点连续调查 20 株，调查被害株数、虫量、各级被害株数等为害数据。草地贪夜蛾为害分级参考戴维斯（Davis scale）调查法（Davis *et al.*，1992），以心叶被害程度进行分级。产量调查每点连续调查 10 株，采摘果穗去除苞叶称鲜重，同时调查玉米行距及行长 5 m 的有效穗数。

表 1 精化区和单次施药效果对比区施药情况

Table 1 The pesticide application status in refined area and single-application efficacy comparison area

施药时间（月-日）Spraying time (month-day)	生育期 Growth stage	每 667 m^2 药剂名称及用量 Pesticide and dosage per 667 m^2	处理 Treatment				
			A	CK	T_1	T_2	T_3
8-22	移栽前 Before transplanting	200 g/L 氯虫苯甲酰胺悬浮剂（70 mL） 200 g/L chlorantraniliprole suspension concentrate (70 mL)	√	/	√	√	√
9-07	4-6 叶期 4-6 leaf stage	14%甲维·茚虫威悬浮剂（30 mL）+ 助剂（30 mL） 14% emamectin benzoate·indoxacarb suspension concentrate (30 mL) + adjuvant (30 mL)	√	/	/	√	√
9-21	大喇叭口期 Late whorl stage	0.7%氯虫·甲维盐颗粒剂（1 000 g） 0.7% chlorantraniliprole·emamectin benzoate granules (1 000 g)	√	/	/	/	√
10-10	抽雄期 Tasseling stage	25%乙基多杀菌素可湿性粉剂（12 g）+ 助剂（30 mL） 25% spinetoram waterpower (12 g) + adjuvant (30 mL)	√	/	/	/	/

处理代号 A 为精准化学防治区，CK 为空白对照区，T_1、T_2、T_3 分别为精准化学防治区的单次施药对比区。下表同。√表示进行了本次操作；/表示未进行本次操作。

Treatment A, CK, T_1, T_2, and T_3 represent the precision chemical control, blank control, and the single application effect comparison area, where the 1st, 2nd and 3rd application in the precision area. The same below.

√indicates that the operation has been carried out; / indicates that the operation has not been carried out.

1.3 数据分析

田间试验数据用 Excel 2019 整理，以不防治 CK 为对照，根据被害株率或被害指数、百株虫量、商品穗产量计算各处理的防治效果、防虫效果和增产率。运用 DPS V 9.01 软件进行单因素

方差分析（One-way ANOVA），并用邓肯氏新复极差法进行显著性差异检验（P=0.05）。被害指数、防治效果、防虫效果和增产率的计算公式如下：

$$被害指数=\frac{\sum(各级被害株数\times该级级值)}{调查总株数\times 9}\times 100；$$

$$防治效果（\%）=\frac{对照区被害株率（指数）-药剂处理区被害株率（指数）}{对照区被害株率（指数）}\times 100；$$

$$防虫效果（\%）=\frac{对照区百株虫量-药剂处理区百株虫量}{对照区百株虫量}\times 100；$$

$$增产率（\%）=\frac{处理区商品穗产量-对照区商品穗产量}{对照区商品穗产量}\times 100。$$

2　结果与分析

2.1　移栽前施药防治效果

玉米移栽前施药后 7 d 调查，精化区、对照区和农户自防区均未发现草地贪夜蛾幼虫，仅有少量卵块，未统计防治效果。移栽前施药后 14 d，田间可见草地贪夜蛾 1-2 龄幼虫，精化区和自防区玉米被害株率分别为 20.80%和 32.00%，CK 被害株率为 53.40%，以 CK 被害株率为对照计算各处理的防治效果，精化区可达 60.90%，农户自防区仅为 39.94%（表 2）。精化区移栽前喷雾施药的防治效果显著优于自防区移栽后喷雾施药（P=0.001 3）。

表 2　移栽前施药防治效果

Table 2　Control effect of spraying before transplanting

调查时间 Investigation time	调查指标 Survey indicator	处理 Treatment		
		A	B	CK
药后 14 d 14 d after spraying	被害株率（%）Damage rate (%)	20.80±3.35 c	32.00±4.90 b	53.40±7.80 a
	防治效果（%）Control efficacy (%)	60.90±5.08 a	39.94±6.33 b	/

表中数据为平均数±标准差。下表同。同一行数据后不同字母表示显著差异（P≤0.05，邓肯氏新复极差法）。表 3-表 5 同。处理 A 为精准化学防治区，B 为农户自防区，CK 为空白对照区。下表同。

Data in the table are presented as mean±SD. The same below. Data followed by the different letters within a row indicate significant difference (P≤0.05, Duncan's multiple range test). The same for Table 3-Table 5. Treatments A, B and CK represent the precision chemical control, the farmers' self-control, and the blank control, respectively. The same below.

2.2　不同施药处理苗期防治效果

苗期精化区施药后第 3 天和第 7 天，分别以 CK 被害株率和百株虫量为对照，计算不同处理的防治和防虫效果；药后 14 d 以 CK 被害指数为对照计算不同处理的防治效果（表 3）。药后 3 d，精化区、T_1 和自防区防治效果分别为 98.75%、89.64%和 77.81%，精化区防治效果与 T_1 差异不显著（P=0.267 0），但显著高于自防区（P=0.030 0）；3 个处理的防虫效果分别为 96.75%、90.46%和 69.77% ，精化区和 T1 区显著高于自防区（P=0.004 1、0.013 3）。药后 7 d，精化区、T_1、自防区的防治和防虫效果分别为 95.14%、60.02%、58.76%和 98.67%、67.82%、60.16%，精化区防治和防虫效果均显著高于 T_1（P=0.000 1、0.000 1 和自防区（P=0.001 3、0.003 9），T_1 与自防区差异不显著（P=0.349 2）。药后 14 d，试验田草地贪夜蛾幼虫数量急剧增长，各试验区被害株率均达到 59.00%以上，百株虫量达 100 头以上，但精化区、T_1 和自防区的叶片被害指数均显著低于 CK（P=0.000 0），防治效果分别为 79.20%、79.30%和 83.63%。

2.3　不同施药处理大喇叭口期防治效果

大喇叭口期精化区施药后 3 d，各试验区玉米被害株率均较高，达 67.00%以上，但精化区、T_1、T_2 和自防区被害指数和百株虫量均低于 CK。以 CK 被害指数为对照，计算不同处理的防治效果，精化区为 70.06%，与自防区和 T_2 差异不显著（P=0.519 3、0.078 3），但显著高于 T_1（P=

表 3 苗期喷雾施药防治效果

Table 3 Control effect of spraying pesticide during seedling stage

调查时间 Investigation time	调查指标 Survey indicator	处理 Treatment			
		A	B	T_1	CK
药后 3 d 3 d after spraying	被害株率（%） Damage rate (%)	1.00±2.24 b	11.00±7.42 b	4.00±6.52 b	50.00±17.68 a
	百株虫量(头） Number of larvae per 100 plants (ind.)	2.00±2.74 b	17.00±9.08 b	5.00±8.66 b	58.00±14.40 a
	防治效果（%） Control efficacy (%)	98.75±2.80 a	77.81±17.91 b	89.64±16.39 ab	/
	防虫效果（%） Insect-proof effect (%)	96.75±4.64 a	69.77±16.28 b	90.46±17.35 a	/
药后 7 d 7 d after spraying	被害株率（%） Damage rate (%)	4.00±6.52 c	29.00±13.87 b	27.00±8.37 b	67.00±18.23 a
	百株虫量（头） Number of larvae per 100 plants (ind.)	1.00±2.24 c	24.00±8.22 b	18.00±7.58 b	62.00±19.87 a
	防治效果（%） Control efficacy (%)	95.14±8.13 a	58.76±12.53 b	60.02±4.79 b	/
	防虫效果（%） Insect-proof effect (%)	98.67±2.98 a	60.16±9.51 b	67.82±18.18 b	/
药后 14 d 14 d after spraying	被害株率（%） Damage rate (%)	75.00±31.02 ab	59.00±14.75 b	75.00±20.31 ab	90.00±5.00 a
	百株虫量（头） Number of larvae per 100 plants (ind.)	133.00±29.28 a	100.00±23.18 a	148.00±28.42 a	101.00±10.25 a
	被害指数 Damage index	16.67±6.89 b	13.11±3.28 b	16.67±4.51 b	80.00±4.44 a
	防治效果（%） Control efficacy (%)	79.20±8.43 a	83.63±4.04 a	79.30±5.05 a	/

0.002 8）。药后 7 d，田间虫量大幅增长，分别以 CK 的被害株率和百株虫量为对照，计算各处理区防治和防虫效果。精化区防治和防虫效果分别为 34.93%和 41.49%，T_1 和 T_2 的防治效果均降低至 30%以下，T_1 的百株虫量甚至超过 CK；自防区由于在调查前 3 d 进行了施药防治，防治和防虫效果较高，分别为 51.18%和 55.50%（表 4）。

2.4 不同施药处理穗期防治效果

抽雄期精化区施药后 7 和 21 d，以 CK 区被害株率和百株虫量为对照计算的各处理区防治和防虫效果见表 5。药后 7 d，精化区的防治和防虫效果分别为 71.90%和 82.54%，高于农户自防区的 60.57%、50.16%及 T_3 的 52.57%和 51.43%；T_1、T_2 的防治和防虫效果分别降至 31.33%、12.86%和 22.67%、18.41%。药后 21 d，各处理区被害株率在 3.00%-20.00%，百株虫量在 1-22 头之间；精化区防治和防虫效果最高，分别为 85.83%和 90.91%，农户自防区次之，分别为 62.50%和 45.45%，T_3 防治和防虫效果分别降低至 24.17%和 36.36%，此时 T_1 和 T_2 的被害株率和百株虫量反而略高于 CK；精化区的防治效果显著高于 T_3（P=0.000 7）。

2.5 果穗被害情况和产量

采收期调查果穗被害情况和产量，以整体评价不同处理的防治效果（表 6）。精化区未发现果穗被害情况，农户自防区果穗被害率为

表 4　大喇叭期施药防治效果

Table 4　Control effect of pesticide spraying pesticide during the large trumpet stage

调查时间 Investigation time	调查指标 Survey indicator	处理 Treatment				
		A	B	T_2	T_1	CK
药后 3 d 3 d after spraying	被害株率（%） Damage rate (%)	73.00±14.40 a	67.00±14.40 a	76.00±17.10 a	69.00±20.43 a	86.00±21.62 a
	被害指数 Damage index	14.56±0.42 c	15.89±2.50 c	18.22±1.91 c	22.11±4.44 b	48.89±3.70 a
	百株虫量（头） Number of larvae per 100 plants (ind.)	21.00±5.48 c	28.00±4.47 bc	27.00±6.71 bc	41.00±18.17 b	85.00±7.91 a
	防治效果（%） Control efficacy (%)	70.06±2.47 a	67.56±4.28 a	62.40±5.26 ab	55.11±6.34 b	/
	防虫效果（%） Insect-proof effect (%)	74.98±7.69 a	67.10±3.55 ab	68.00±8.56 ab	50.66±23.94 b	/
药后 7 d 7 d after spraying	被害株率（%） Damage rate (%)	60.00±12.75 c	45.00±7.91 d	71.00±8.22 bc	78.00±24.65 b	92.00±6.71 a
	百株虫量（头） Number of larvae per 100 plants (ind.)	69.00±12.94 b	53.00±13.51 c	110.00±14.14 a	126.00±12.94 a	120.00±12.75 a
	防治效果（%） Control efficacy (%)	34.93±11.83 ab	51.18±7.15 a	22.00±5.81 bc	16.04±23.92 c	/
	防虫效果（%） Insect-proof effect (%)	41.49±14.51 b	55.50±11.42 a	8.28±7.15 c	–5.21±6.48 d	/

2.00%，以 CK 的被害穗率为对照，二者的防治效果分别为 100.00%和 66.67%。然而，T_3、T_2 和 T_1 果穗被害率分别为 6.00%、10.00%、12.00%，等于甚至高于 CK 的 6.00%。以 CK 商品穗产量为对照，计算不同处理的增产率，其中，精化区的增产率最高，为 11.59%；其次为 T_3 处理，商品穗增产率为 9.95%。

3　结论与讨论

化学防治是鲜食玉米草地贪夜蛾防控的有效手段（林璐璐等，2025；邱良妙等，2025），而本次研究发现，抓住防治关键节点，适期防治，是保障防治效果的关键。草地贪夜蛾对苗期玉米为害较重，尤其喜欢取食玉米心叶，隐蔽为害性强（郭井菲等，2019）。玉米苗期如果受到草地贪夜蛾为害，严重时会造成植株生长受到抑制，甚至死亡；而鲜食玉米常常采取单株移栽种植，如果玉米苗期被害，将严重影响单株产量。前期研究发现，含有双酰胺类、烟碱类等成分的种子处理剂，在玉米出苗后 14 d 内都对草地贪夜蛾有很好的防治效果，而且对玉米叶片有明显的保护作用，能够减轻草地贪夜蛾对玉米的危害，但徐富强等（2024）研究发现，出苗后第 28 天，种衣剂处理被害株率与对照便无显著差异。本次试验发现，移栽前喷雾防治后 14 d 内防效达 60.90%±5.08%，药后 23 d 防效仍可保持在 60.02%±4.79%。韩海亮等（2025）亦发现，与对照相比，在送嫁药（移栽前喷雾施药）处理区，移栽后第 7 天田间玉米被草地贪夜蛾为害率降低 9.05%。可见，移栽前喷雾防治能够有效降低苗期虫口基数，为玉米前期生长提供持续保护。

由于采穗销售的特点，鲜食玉米对果穗被害率要求更加严格。本次研究发现，“移栽前+苗期+大喇叭口期”3 次施药，采收期果穗被害率为 6.00%，虽低于移栽前喷雾施药处理及移栽前+苗期各喷雾 1 次施药处理，但与移栽前+苗期+大喇叭口期+抽雄期 4 次施药的精化区相比，果穗被害率明显增加。韩海亮等（2025）亦发现大

表 5　抽雄期施药防治效果

Table 5　Control effect of pesticide application at the tasseling stage

调查时间 Investigation time	调查指标 Survey indicator	处理 Treatment					
		A	B	T_3	T_2	T_1	CK
药后 7 d 7 d after spraying	被害株率（%） Damage rate (%)	9.00±8.94 c	12.00±6.71 c	14.00±4.18 c	20.0±11.73 b	21.00±8.94 b	29.00±4.18 a
	百株虫量（头） Number of larvae per 100 plants (ind.)	7.00±9.75 d	14.00±8.94 bcd	12.00±7.58 cd	19.0±12.94 bc	21.00±7.42 b	31.0±10.84 a
	防治效果（%） Control efficancy (%)	71.90±27.06 a	60.57±17.97 a	52.57±7.38 a	31.33±36.63 b	22.67±25.21 b	/
	防虫效果（%） Insect-proof effect (%)	82.54±23.92 a	50.16±36.10 ab	51.43±36.01 a	12.86±54.49 c	18.41±38.86 bc	/
药后 21 d 21 d after spraying	被害株率（%） Damage rate (%)	3.00±2.74 c	8.00±5.70 bc	16.00±11.40 ab	23.00±23.61 a	22.00±9.75 a	20.00±11.73 a
	百株虫量（头） Number of larvae per 100 plants (ind.)	1.00±2.24 c	6.00±5.48 bc	7.00±4.47 bc	15.00±14.58 ab	22.00±9.75 a	11.00±13.87 b
	防治效果（%） Control efficancy (%)	85.83±14.91 a	62.50±24.65 a	24.17±19.18 b	–0.83±37.55 bc	–15.83±31.51 c	/
	防虫效果（%） Insect-proof effect (%)	90.91±20.33 a	45.45±49.79 ab	36.36±40.66 ab	–36.36±132.54 bc	–100.00±88.61 c	/

表 6　收获期果穗被害情况及产量

Table 6　Damage situation and yield of ears during the harvest period

处理 Treatment	被害穗率（%） Damage rate (%)	防治效果（%） Control efficacy (%)	商品穗数（穗/667 m^2） Number of commercial ears (ears/667 m^2)	商品穗产量（kg/667 m^2） Commercial yield (kg/667 m^2)	商品穗增产率（%） Increase rate of commercial yield (%)
A	0.00±0.00 b	100.00±0.00 a	2 746.47±0.00 a	657.55±39.07 a	11.59±6.93 a
B	2.00±4.47 ab	66.67±74.54 ab	2 460.84±112.30 b	599.47±34.33 bc	1.63±3.89 ab
T3	6.00±8.94 ab	0.00±149.07 ab	2 596.74±247.08 ab	648.89±41.12 ab	9.95±3.37 ab
T2	10.00±12.25 ab	–66.67±204.12 ab	2 476.24±336.97 ab	593.93±65.54 c	0.58±8.63 b
T1	12.00±8.37 a	–100.00±139.44 b	2 430.99±231.13 b	608.83±36.81 abc	3.44±8.79 ab
CK	6.00±5.48 ab	/	2 586.29±150.70 ab	589.88±27.14 c	/

表中同一列数据后不同字母表示显著差异（$P \leqslant 0.05$，邓肯氏新复极差法）。

Data followed by different letters within a column indicate significant difference ($P \leqslant 0.05$, Duncan's multiple range test).

喇叭口期防治可以有效提高鲜穗产量，但对后期果穗被害的保护效果不大。可见，对于降低鲜食玉米果穗被害率，抽雄期喷雾防治至关重要。另外尹艳琼等（2026）研究报道，大喇叭口期使用5%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐水分散粒剂、25%乙基多杀菌素水分散粒剂等药剂通过毒土撒施心叶，药后 7 d 防效达 97%以上，但本次试验中大喇叭口期使用无人机撒施颗粒剂，防效与人工丢芯相比相对较低，药剂有效利用率有所下降。

有趣的是，本试验发现，未进行任何防治的空白对照区，采收期果穗被害率仅为 6.00%，这一数值不仅远低于移栽前喷雾防治 1 次处理区及“移栽前+苗期喷雾”2 次施药处理区，而且与进行了 3 次施药（移栽前、苗期、大喇叭口期）的处理结果一致。我们推测，这是由于对照区玉米在苗期遭受了草地贪夜蛾的严重侵害，反而诱导并增强了植株自身的防御反应，从而减轻了后期的为害。Yang 等（2023）发现，草地贪夜蛾的侵害能够迅速诱导玉米幼苗的酶促与非酶促防御反应。卢辉等（2023）的研究也表明，在低龄期、低密度取食条件下，鲜食玉米具有很强的耐受能力，并对产量表现出补偿效应。不过，值得注意的是，尽管空白对照区的商品穗产量与其他处理无显著差异，但其果穗发育明显延迟，品质也有所降低。

与目前生产中常见的“见虫即打”式频繁施药模式相比，本研究所建立的精准防治模式具有以下优势：一是减少了防治次数，通过把握移栽前、苗期、大喇叭口期和抽雄期 4 个关键节点，避免了盲目施药；二是提高了防治效率，各节点防效均能有效压低虫口或保护植株关键部位；三是保障了鲜食玉米的商品性，收获期无被害穗，满足鲜食玉米对穗期“零蛀穗”的高标准要求。

参考文献 (References)

An L, Wei HL, Cheng Y, Zou J, Zuo J, Liu DL, Song B, 2025. Effects of different sowing dates on photosynthetic characteristics and carbon and nitrogen metabolism of fresh maize from flowering to maturity. *Journal of Maize Sciences*, 33(3): 68–78. [安林, 韦海龙, 程乙, 邹军, 左晋, 刘代铃, 宋碧, 2025. 不同播期对鲜食玉米花粒期光合特性和碳氮代谢的影响. 玉米科学, 33(3): 68–78.]

Bi SJ, Wang NA, Xu LN, Hu BJ, Hu F, Xu TT, Wang ZY, Chen YT, 2024. Observation on the occurrence dynamics and generation of *Spodoptera frugiperda* in field of Wuwei, Anhui Province. *China Plant Protection*, 44(10): 41–48. [毕思佳, 王年安, 徐丽娜, 胡本进, 胡飞, 徐婷婷, 王振营, 陈永田, 2024. 安徽无为草地贪夜蛾田间发生动态和发生世代观测. 中国植保导刊, 44(10): 41–48.]

Davis FM, Ng SS, Williams WP, 1992. Visual rating scales for screening whorl-stage corn for resistance to fall armyworm. *Technical Bulletin (Mississippi Agricultural and Forestry Experiment Station)*, 186: 1–9.

Day R, Abrahams P, Bateman M, Beale T, 2017. Fall armyworm: Impacts and implications for Africa. *Outlooks on Pest Management*, 28(5): 196–201.

Guo JF, Zhao JZ, He KL, Zhang F, Wang ZY, 2018. Potential invasion of the crop-devastating insect pest fall armyworm *Spodoptera frugiperda* to China. *Plant Protection*, 44(6): 1–10. [郭井菲, 赵建周, 何康来, 张峰, 王振营, 2018. 警惕危险性害虫草地贪夜蛾入侵中国. 植物保护, 44(6): 1–10.]

Guo JF, Zhao JZ, He KL, Wang ZY, 2019. Biological characteristics, trend of fall armyworm *Spodoptera frugiperda*, and the strategy for management of the pest. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 56(3): 361–369. [郭井菲, 赵建周, 何康来, 王振营, 2019. 草地贪夜蛾的生物学特性、发生趋势及防控对策. 应用昆虫学报, 56(3): 361–369.]

Guo JT, Zhang L, Li YX, Zhang H, Ping XM, 2024. Current development status and countermeasure suggestions for the fresh-eating corn industry in Yunnan Province. *Agriculture and Technology*, 44(23): 177–180. [郭俊廷, 张林, 李永贤, 张恒, 平秀敏, 2024. 云南省鲜食玉米产业发展现状及对策建议. 农业与技术, 44(23): 177–180.]

Han HL, Zhang P, Bao F, Chen B, Su XY, Shi XY, Zhao FC, 2025. Whole-process precision chemical control for managing fall armyworm *Spodoptera frugiperda* in fresh-market maize. *Plant Protection*, 51(6): 373–377. [韩海亮, 张萍, 包斐, 陈斌, 苏贤岩, 史雪岩, 赵福成, 2025. 全程精准化学防治技术防控鲜食玉米草地贪夜蛾. 植物保护, 51(6): 373–377.]

Jiang K, 2026. Control effects of biological pesticides on *Spodoptera frugiperda* in fresh maize. *Journal of Zhejiang Agricultural Sciences*, 67(5): 1290–1296. [蒋凯, 2026. 生物农药对鲜食玉米草地贪夜蛾的防治效果. 浙江农业科学, 67(5): 1290–1296.]

Jiang YY, Liu J, Zhu XM, 2019. Analysis of the occurrence dynamics and future trends of the invasion of *Spodoptera frugiperda* into China. *China Plant Protection*, 39(2): 33–35. [姜玉英, 刘杰, 朱晓明, 2019. 草地贪夜蛾侵入我国的发生动态和未来趋势分析. 中国植保导刊, 39(2): 33–35.]

Lin LL, Zhong YZ, Xie MH, Zhang GL, Chen HL, 2025. Sensitivity monitoring of *Spodoptera frugiperda* to four insecticides in Anhui Province. *Plant Protection*, 51(2): 304–308. [林璐璐, 钟永志, 谢明惠, 张光玲, 陈浩梁, 2025. 安徽地区草地贪夜蛾对 4 种杀虫剂的敏感性监测. 植物保护, 51(2): 304–308.]

Lu BS, Xu L, Zhao JR, Shi YX, Fan YL, Xi SL, Zhang CF, Shi YM, Zhang XJ, 2019. Breeding and application of Jingkenuo2000 series of waxy corn varieties. *Journal of Maize Sciences*, 27(5): 1–4, 14. [卢柏山, 徐丽, 赵久然, 史亚兴, 樊艳丽, 席胜利, 张翠芬, 史亚民, 张小继, 2019. 京科糯 2000 等系列鲜食糯玉米品种选育及应用. 玉米科学, 27(5): 1–4, 14.]

Lu H, Tang JH, Lü BQ, Qiu HY, Zhang QK, Liu YL, 2023. Compensatory growth by corn plants induced by the feeding of *Spodoptera frugiperda*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 60(4): 1125–1132. [卢辉, 唐继洪, 吕宝乾, 邱海燕, 张起恺, 刘彦龙, 2023. 海南鲜食玉米对草地贪夜蛾危害的补偿效应研究. 应用昆虫学报, 60(4): 1125–1132.]

Qiu LM, Chen XQ, Lu XS, Liu BP, Liu QQ, 2025. Resistance monitoring of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* to five commonly used insecticides in Fujian Province. *Journal of Biosafety*, 34(2): 155–161, 179. [邱良妙, 陈秀琴, 卢学松, 刘必炮, 刘其全, 2025. 福建省草地贪夜蛾对 5 种常用杀虫剂的抗药性. 生物安全学报, 34(2): 155–161, 179.]

Shi ZS, Zhong XM, 2016. Breeding principle and technical skill of fresh corn varieties. *Journal of Maize Sciences*, 24(2): 1–5. [史振声, 钟雪梅, 2016. 鲜食玉米新品种选育原理与技术技巧. 玉米科学, 24(2): 1–5.]

Tang JX, Xu JN, Sun JQ, Ren SH, 2018. Study on the growth period of fresh corn in Anhui. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 46(4): 32–33, 36. [唐经祥, 徐经年, 孙敬权, 任四海, 2018. 安徽省鲜食玉米生育期研究. 安徽农业科学, 46(4): 32–33, 36.]

Wang SX, Wang BB, Li ZJ, Xu L, Feng JY, 2023. Research context and trend of fresh-eating corn in China. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 39(1): 8–15. [王绍新, 王宝宝, 李中建, 许洛, 冯健英, 2023. 中国鲜食玉米的研究脉络和趋势探析. 中国农学通报, 39(1): 8–15.]

Xu FQ, Xie WF, Feng CJ, Tang ZL, Chen HS, Wang ZY, 2024. Safety evaluation of four seed coating agents on maize and its control effect on fall armyworm *Spodoptera frugiperda*. *Plant Protection*, 50(5): 322–327. [徐富强, 谢炜峰, 冯从经, 唐照磊, 陈红松, 王振营, 2024. 4 种种衣剂对玉米安全性及对草地贪夜蛾控制效果的评价. 植物保护, 50(5): 322–327.]

Xue M, Dan SY, 2024. Effects of different fertilization treatments on yield and economic benefits of fresh-eating corn. *Modern Agricultural Science and Technology*, 2024(24): 19–20, 40. [薛敏, 但仕勇, 2024. 不同施肥处理对鲜食玉米产量和经济效益的影响. 现代农业科技, 2024(24): 19–20, 40.]

Yang J, Ma C, Jia R, Zhang H, Zhao Y, Yue H, Li H, Jiang X, 2023. Different responses of two maize cultivars to *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae infestation provide insights into their differences in resistance. *Frontiers in Plant Science*, 14: 1065891.

Yang XL, Liu YC, Luo MZ, Li Y, Wang WH, Wan F, Jiang H, 2019. *Spodoptera frugiperda* migrated to the southwestern region of China was first discovered in Jiangcheng County of Yunnan Province. *Yunnan Agriculture*, 33(1): 72. [杨学礼, 刘永昌, 罗茗钟, 李依, 王文辉, 万飞, 姜虹, 2019. 云南省江城县首次发现迁入我国西南地区的草地贪夜蛾. 云南农业, 33(1): 72.]

Yin YQ, Liu Y, Chen AD, Shen YF, Chen FS, Li XY, Zhao XQ, Zhang HM, Wang Y, Liu MX, Yang Y, 2026. Integrated control efficacy of different application methods against *Spodoptera frugiperda* in maize. *Journal of Environmental Entomology*, https://link.cnki.net/urlid/44.1640.Q.20260507.1448.034. [尹艳琼, 刘莹, 谌爱东, 沈云峰, 陈福寿, 李向永, 赵雪晴, 张红梅, 王燕, 刘明秀, 杨韵, 2026. 不同施药方法对草地贪夜蛾的综合防治效果. 环境昆虫学报, https://link.cnki.net/urlid/44.1640.Q.20260507.1448.034.]