

# 含噻虫胺药肥对花生生长及防虫效果的影响

张 桥, 王子福, 姜澳生, 陈森用, 王武帅, 常 贺

(湖北兴发化工集团股份有限公司, 湖北 宜昌 443700)

**[摘要]** 通过田间试验, 研究不同含量噻虫胺复配中微量元素及复合肥对花生生长发育及防虫效果的影响。结果表明, 各处理花生均正常出苗, 且在初花期药肥处理对营养生长指标无显著影响; 从花针期到成熟期, 药肥处理能显著促进果针形成、果实发育, 对比不施肥和施18-12-10复合肥, 施用0.2%噻虫胺药肥处理的花生果针数分别增加了32%和20%; 和施18-12-10复合肥相比, 施用0.1%、0.2%、0.3%、0.5%噻虫胺药肥花生饱果数分别提高了11.1%、5.0%、3.2%、16.7%, 每667 m<sup>2</sup>产量分别增加了9.4%、12.0%、13.7%、12.5%; 以上说明添加微量元素钼、钙可促进花生生长发育, 但各处理虫果率均呈现较低水平, 且无显著差异。

**[关键词]** 噻虫胺药肥; 中微量元素; 花生; 防治效果

**[中图分类号]** S482.3; S147.2 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 2097-4566 (2026) 02-0102-06

## Effects of thiamethoxam pesticide fertilizer on peanut growth and insect control

ZHANG Qiao, WANG Zifu, JIANG Aosheng, CHEN Senyong, WANG Wushuai, CHANG He

(Hubei Xingfa Chemicals Group Co., Ltd., Yichang 443700, China)

**Abstract:** Through field trials, the effects of different concentrations of thiamethoxam combined with medium and trace elements and compound fertilizers on peanut growth and insect control are studied. The results show that all treatments produce normal peanut emergence, with no significant impact on vegetative growth indicators during the initial flowering stage. From the flower spike stage to maturity, pesticide-fertilizer treatments significantly promote pod formation and fruit development. Compared to untreated plants and those receiving 18-12-10 compound fertilizer, the 0.2% thiamethoxam pesticide fertilizer treatment increases peanut pod numbers by 32% and 20%, respectively. Compared to 18-12-10 compound fertilizer application, the 0.1%, 0.2%, 0.3%, and 0.5% pesticide fertilizer treatments increases the number of fully developed pods by 11.1%, 5.0%, 3.2%, and 16.7%, respectively, while boosting yield per 667 m<sup>2</sup> by 9.4%, 12.0%, 13.7%, and 12.5%. The above results indicate that adding medium and trace elements molybdenum and calcium promotes peanut growth and development. However, the insect-damaged fruit rates remain low across all treatments and show no significant differences.

**Key words:** thiamethoxam pesticide fertilizer; medium and trace elements; peanut; control effect

花生作为我国重要的油料与经济作物, 其种植面积和总产量均居世界前列, 在保障国家食用油供给和农业经济发展中具有重要地位<sup>[1]</sup>。花生具有“地上开花、地下结荚”的独特习性, 在生长周期中易遭受以蛴螬为主的地下害虫侵袭<sup>[2]</sup>, 同时花生对钙、钼等中微量元素需求敏感<sup>[3-4]</sup>, 这些因素直接影响其生长发育、品质和产量。传统种植模式中, 肥料施用与病虫害防治多分开操作, 不仅增加了农户的劳动强度和生产成本, 而

且可能因用药用肥时机不当导致效果不佳, 甚至造成环境污染<sup>[5]</sup>。

药肥一体化是将农药与肥料科学复配, 实现“一次施用、双效协同”, 有助于减少农事操作、降低生产成本、减轻环境压力, 同时可提高农业生产效率<sup>[6-7]</sup>。该技术被认为是实现化肥农药减施增效、推动农业绿色发展的重要途径之一<sup>[8-9]</sup>。噻虫胺作为一种新型烟碱类杀虫剂, 具有高效、低毒、持效期长等特点, 对花生地下害虫具有良好的防治

收稿日期: 2025-01-06

作者简介: 张 桥(1982—), 男, 湖北当阳人, 湖北兴发化工集团股份有限公司副总经理, 主要从事中低品位磷矿石综合利用、湿法磷酸分级利用、新型肥料开发等研究。

效果<sup>[10-12]</sup>。钼是固氮酶和硝酸还原酶的关键组分，直接参与氮素代谢，增施钼肥已被证实可显著提高花生氮素利用率与产量<sup>[13-17]</sup>；钙是细胞壁和中胶层的重要组成部分，促进花生细胞壁发育，提高果实硬度和抗逆性，对荚果发育至关重要<sup>[16-20]</sup>。目前，药肥产品多以除草功能为主，而针对地下害虫且协同补充关键中微量元素钼、钙的杀虫型药肥，在花生上的系统研究仍显不足。因此，关于杀虫剂在药肥剂型中的适宜添加浓度，与养分的协同效应以及施用后的环境安全性等关键问题，亟须深入评估。

基于此，本研究将噻虫胺与钼、钙元素协同添加到常规复合肥中，研制花生专用药肥，通过田间试验系统探究其对花生生长发育、产量及安全性的影响，旨在为花生专用药肥的优化应用和花生高效栽培提供理论依据与技术支持。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试原料与作物品种

复合肥，18-12-10；杀虫剂，98%噻虫胺SCA原药（先正达集团股份有限公司），自购；药肥，复合肥+钙+钼+噻虫胺，硝酸钙667 m<sup>2</sup>用量0.8 kg，钼酸铵667 m<sup>2</sup>用量0.1 kg。

花生：品种为天府3号，生育期较短，属早熟品种。

### 1.2 试验时间与地点

2025年4月24日至2025年9月22日于河南省辉县市占城镇宋张莫村（113.67°E，35.39°N）进行田间试验。试验地土壤为褐土，土壤理化性质如下：*w*（有机质）26.53 mg/kg，*w*（碱解氮）112.32 mg/kg，*w*（有效磷）29.58 mg/kg，*w*（速效钾）240.32 mg/kg，pH为7.75。

### 1.3 试验设计

以花生作为试验对象，采用单因素完全随机区组试验设计，共设置6个肥料处理，分别为F1、F2、F3、F4、F5、F6（具体施肥方案见表1）。每

表1 试验田肥料施用量

Table 1 Application amount of fertilizer in the experimental field

处理	肥料种类	667 m <sup>2</sup> 底肥施用量/kg
F1	不施肥	0
F2	18-12-10	40
F3	18-12-10+0.1%噻虫胺+钼+钙	40
F4	18-12-10+0.2%噻虫胺+钼+钙	40
F5	18-12-10+0.3%噻虫胺+钼+钙	40
F6	18-12-10+0.5%噻虫胺+钼+钙	40

个处理重复3次，共18个小区，小区规格为4 m × 5 m。各处理667 m<sup>2</sup>均一次性基施肥料40 kg。2025年4月中下旬播种（4月24日），行距和株距为40 cm × 20 cm。所有试验小区布置完成后在整个试验外围设置保护区（见图1）。在试验过程中，所有的田间管理（包括除草和灌水等），均采用当地的常规栽培管理方法。

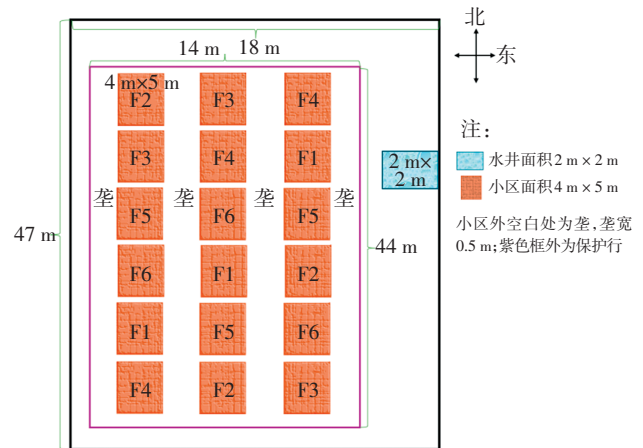


图1 田间试验小区规划

Fig. 1 Layout of field experimental plots

### 1.4 测定项目及方法

分别于播种前及收获后对花生试验地土壤进行采样，测定其噻虫胺含量。另外于花生苗期、初花期、花针期、结荚期、成熟期对花生植株采样，分别测定出苗率、地上部鲜质量、根长、株高、分枝数、茎粗、根瘤数、果针数、果数、果鲜质量、虫果率、产量等指标。

$$\text{出苗率} = (\text{出苗株数} \div \text{播种粒数}) \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{虫果率} = (\text{虫害果数} \div \text{调查总果数}) \times 100\% \quad (2)$$

### 1.5 数据处理与分析

试验数据采用3次重复的平均值及标准误差，对收集的试验数据采用Excel软件进行基本的性状统计分析，运用SPSS软件进行方差分析（ANOVA）、相关性分析及显著性分析，各处理间平均值采用Duncan法（*P*<0.05）进行多重比较。最后用Origin软件进行绘图。

## 2 结果与分析

### 2.1 药肥对花生不同生育周期长势和苗质的影响

1) 不同药肥处理对花生出苗率的影响见图2。由图2可知，各处理出苗率均保持在较高水平（70%以上），其中F4处理出苗率最高，F6处理相对略低，但整体差异不大。说明试验所用药肥处理对花生出苗无明显抑制作用，能保证花生正常出苗。

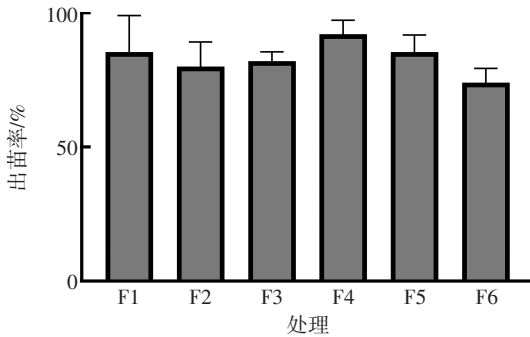


图2 不同药肥处理对花生出苗率的影响

Fig. 2 Effects of different pesticide fertilizer treatments on peanut emergence rate

2) 不同药肥处理对花生各生育周期地上部鲜质量的影响见图3。由图3可知,花生单株鲜质量随生育期推进呈显著递增趋势。初花期单株鲜质量普遍较低,该时期各处理之间单株鲜质量无显著差异;进入花针期后开始明显上升,结荚期达到较高水平并维持至成熟期。花针期鲜质量开始提升,施肥处理单株鲜质量低于不施肥处理,说明此阶段花生生长开始启动,药肥处理的效应尚未显现。结荚期至成熟期不同施肥处理的单株鲜质量均显著高于不施肥处理,说明药肥处理已对花生生长产生调控作用。

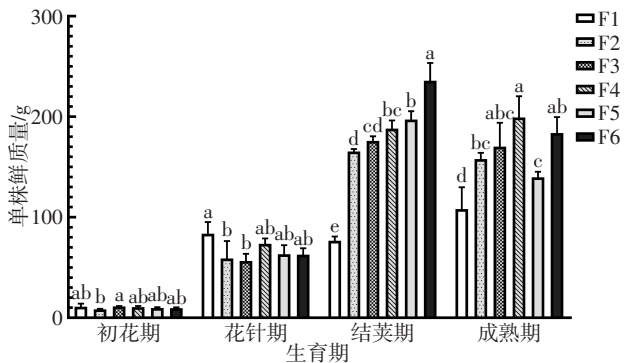


图3 不同药肥处理对花生各生育周期地上部鲜质量的影响

Fig. 3 Effects of different pesticide fertilizer treatments on shoot fresh weight of peanut at various growth stages

3) 花生不同生育期株高变化规律同鲜质量相似,随生育期推进呈显著递增趋势(见图4)。由图4可知,初花期株高普遍较低,进入花针期后株高开始明显上升,结荚期达到较高水平并维持至成熟期。初花期各处理间株高无显著差异;花针期较初花期显著增加,且F4处理的株高显著高于F2处理;在结荚期F4处理的株高也高于其他处理,表现出最优的株高促进效果。

4) 不同药肥处理对花生初花期苗质及生长的

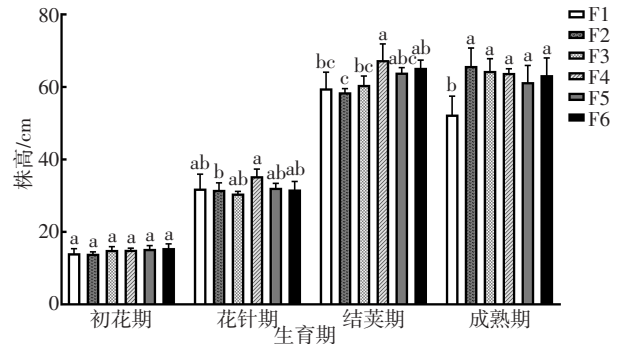


图4 不同药肥处理对花生各生育周期株高的影响

Fig. 4 Effects of different pesticide fertilizer treatments on plant height of peanut at various growth stages

影响分别见表2、图5。由表2可以看出,各处理组在根长、分枝数、茎粗、根瘤数方面均无显著差异。花生根长范围在9.0~9.9 cm;所有处理的分枝数均为3,表明各处理对花生初花期分枝数的影响一致;茎粗范围在3.5~3.9 mm,且无显著差异,说明各处理在茎粗指标上无显著调控作用;所有处理的根瘤数均为0,可能与花生初花期根瘤形成规

表2 不同药肥处理对花生初花期苗质的影响

Table 2 Effects of different pesticide fertilizer treatments on seedling quality of peanut at initial flowering stage

处理	根长/cm	分枝数	茎粗/mm	根瘤数
F1	9.7 ± 0.30a	3	3.9 ± 0.13a	0
F2	9.7 ± 1.19a	3	3.5 ± 0.14a	0
F3	9.9 ± 0.73a	3	3.7 ± 0.32a	0
F4	9.2 ± 0.59a	3	3.9 ± 0.07a	0
F5	9.0 ± 0.43a	3	3.6 ± 0.17a	0
F6	9.8 ± 0.43a	3	3.8 ± 0.14a	0

注:不同的小写字母表示处理间差异达到显著水平(P<0.05),下同。

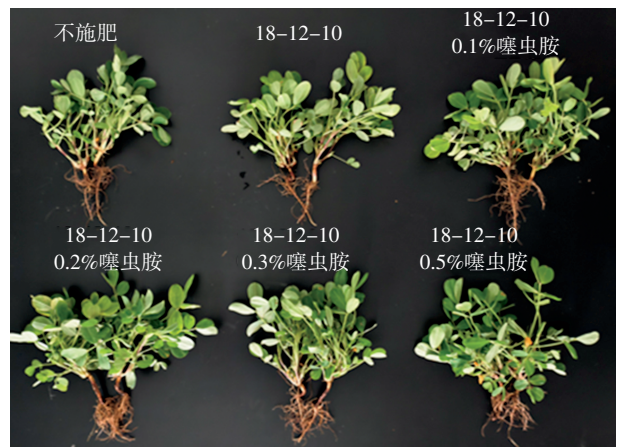


图5 不同药肥处理对花生初花期生长的影响

Fig. 5 Effects of different pesticide fertilizer treatments on peanut growth at initial flowering stage

律有关。从图5可以直观观察到，不同处理下花生植株的地上部和地下部生长状况存在视觉差异。不施肥处理（F1）植株长势相对较弱；施用复合肥（F2）及药肥（F3至F6）处理的植株长势有所改善。

5) 不同药肥处理对花生花针期苗质的影响见表3。由表3可知，在花生花针期各处理组在根长、果数、果鲜质量方面无显著差异。施用药肥处理后，F4、F6处理显著增加了果针数，以F4处理效果最为显著，对比不施肥和施18-12-10复合肥分别增加了32%和20%。

表3 不同药肥处理对花生花针期苗质的影响

Table 3 Effects of different pesticide fertilizer treatments on seedling quality of peanut at pegging stage

处理	根长/cm	茎粗/cm	单株果针数	单株果数	单果鲜质量/g
F1	12.2±0.99 a	5.3±0.10 a	22.7±1.30 b	2.0±0.93 a	2.3±1.34 a
F2	13.2±1.20 a	5.2±0.25 ab	24.9±2.49 ab	3.1±0.44 a	2.9±0.06 a
F3	12.6±0.36 a	4.8±0.04 b	25.4±1.79 ab	3.3±1.53 a	4.5±1.85 a
F4	14.2±0.82 a	5.3±0.14 a	29.9±1.23 a	3.4±1.33 a	4.4±1.80 a
F5	13.3±0.90 a	4.9±0.21 ab	27.3±1.81 ab	3.2±0.27 a	4.5±0.28 a
F6	11.7±1.06 a	4.9±0.06 ab	28.5±1.04 a	3.2±1.36 a	4.5±2.51 a

6) 在花生结荚期，施复合肥和药肥均显著促进花生生长发育，具体表征如表4。施肥处理显著增加花生果针数，F2至F6处理果针数分别是不施肥处理的1.4、1.6、1.9、2.0、2.6倍。与F2（普通

复合肥18-12-10）处理相比，F3至F6处理（花生专用药肥）的单株果针数、幼果数、鲜质量均有显著提升。其中F4处理下花生的单株果针数、幼果数、鲜质量处于中上水平，和F2相比分别提高了38.1%、27.8%、26.5%，但分枝数和茎粗并无明显差异，说明中微量元素钙和钼主要对花生果实的生长具有促进作用。

表4 不同药肥处理对花生结荚期苗质的影响

Table 4 Effects of different pesticide fertilizer treatments on seedling quality of peanut at pod-setting stage

处理	分枝数	茎粗/cm	单株果针数	单株幼果数	单果鲜质量/g
F1	4.7±0.88 b	4.4±0.49 b	25.3±1.45 e	13.3±0.88 d	17.3±1.81 d
F2	9.0±0.58 a	6.1±0.13 a	36.0±2.08 cd	22.7±1.76 c	34.7±1.90 c
F3	7.3±1.20 a	5.4±0.49 ab	42.3±1.76 bc	23.7±2.03 c	40.2±2.18 bc
F4	7.7±0.67 a	5.7±0.44 a	49.7±0.67 b	29.0±1.73 ab	43.9±2.60 b
F5	7.3±0.67 a	5.8±0.08 a	52.0±2.08 b	33.3±1.20 a	39.4±1.83 bc
F6	8.3±0.33 a	6.1±0.37 a	66.0±1.53 a	25.7±1.20 bc	50.8±1.00 a

7) 不同药肥处理对花生单株成熟期苗质及生产的影响分别见表5、图6。由表5可知，通过对花生成熟期苗情分析，无论是施复合肥还是药肥，和不施肥相比都会显著增加花生果数，但各处理间虫果率无显著差异，均呈现较低水平。图6可以直观看到施肥显著促进花生地上部生长。和施复合肥相比，施用不同浓度药肥花生饱果数分别提高了11.1%、5.0%、3.2%、16.7%。

表5 不同药肥处理对花生单株成熟期苗质的影响

Table 5 Effects of different pesticide fertilizer treatments on seedling quality of peanut per plant at mature stage

处理	饱果数	瘪果+幼果数	总果数	果鲜质量/g	虫果数	虫果率/%
F1	30.4 ± 1.77 b	10.7 ± 1.09 a	41.1 ± 2.89 b	42.9 ± 2.96 c	0.3 ± 0.11 a	0.8 ± 0.29 a
F2	34.2 ± 2.75 ab	12.1 ± 0.60 a	46.3 ± 1.05 a	51.5 ± 2.46 b	0.4 ± 0.05 a	1.5 ± 0.93 a
F3	38.0 ± 2.19 a	14.9 ± 1.13 a	52.9 ± 3.31 ab	52.8 ± 3.01 b	0.6 ± 0.14 a	1.3 ± 0.67 a
F4	35.9 ± 2.14 ab	13.6 ± 0.69 a	49.5 ± 2.74 ab	66.5 ± 2.11 a	0.8 ± 0.50 a	1.1 ± 0.22 a
F5	35.3 ± 1.77 ab	11.2 ± 1.08 a	46.5 ± 2.64 b	53.6 ± 3.40 b	0.2 ± 0.12 a	1.0 ± 0.12 a
F6	39.9 ± 1.89 a	11.0 ± 0.46 a	50.9 ± 2.36a b	54.0 ± 1.38 b	0.7 ± 0.36 a	0.7 ± 0.15 a



图6 不同药肥处理对花生成熟期生长的影响

Fig. 6 Effects of different pesticide fertilizer treatments on peanut growth at mature stage

## 2.2 药肥对花生产量及成本的影响

不同药肥处理的花生产量及农药成本见表6。由表6可知，施肥处理比不施肥处理的花生产量有所增加，但并无显著差异；和施复合肥相比，施用药肥每667 m<sup>2</sup>产量分别增加了9.4%、12.0%、13.7%、12.5%。药肥处理下，添加0.1%、0.2%、0.3%、0.5%的噻虫胺，使得每吨复合肥增加的农药成本分别为180、360、540、900元。

表6 不同药肥处理的花生产量及农药成本  
Table 6 Yield and pesticide cost of peanut under different treatments pesticidefer

处理	单株产量/g	667 m <sup>2</sup> 产量/kg	与对照相比667 m <sup>2</sup> 产量变化/kg	复合肥中添加农药成本/(元·t <sup>-1</sup> )
F1	14.69 a	278.49 a		
F2	15.55 a	289.41 a	10.92	
F3	15.81 a	316.68 a	38.19	180
F4	16.60 a	324.32 a	45.83	360
F5	16.25 a	329.02 a	50.53	540
F6	15.84 a	325.64 a	47.15	900

### 3 讨论

本研究结果表明,花生专用药肥(复合肥+噻虫胺+钼+钙)能够保证花生正常出苗,且从花针期开始对花生生长发育产生显著促进作用,这与药肥的双重功能密切相关。一方面,复合肥为花生生长提供氮、磷、钾等大量元素,满足营养生长和生殖生长的需求;另一方面,有研究表明合理施用钼肥和钙肥对花生有一定的增产效果<sup>[4,20-22]</sup>,钼元素促进根瘤固氮,提高花生对氮素的利用率<sup>[13,23]</sup>;钙元素是植物生长发育过程中极为重要的调控因子,同时可以增强细胞壁韧性,减少落花落果<sup>[24-27]</sup>;噻虫胺则有效防治地下害虫,为花生根系生长和荚果发育创造良好条件<sup>[28-29]</sup>。

不同噻虫胺浓度药肥对花生的影响存在差异,其中适量浓度的药肥处理(F4)对花生生长具有最佳促进效果。该处理在全生育期内保持了良好的株高长势,初花期侧枝健壮,花针期根长、茎粗和果针数优势明显;结荚期幼果多且无倒伏,成熟期饱果数处于中上水平。使用0.3%、0.5%浓度噻虫胺药肥时作物生长效果反而劣于0.2%浓度,这可能是药害胁迫大于养分增效或养分与药剂协同失衡。噻虫胺是具有内吸性的新烟碱类杀虫剂,虽对作物的安全性高于传统农药,但仍存在剂量阈值。噻虫胺浓度过高可能对作物叶片、根系产生隐性药害,破坏作物根系细胞膜结构,抑制根系对氮、磷、钾及中微量元素的吸收。适宜浓度的噻虫胺既能有效发挥防虫作用,又不会对花生生长产生副作用,过高浓度的噻虫胺处理可能会对作物产生不同程度的药害,也会增加生产成本。F4处理的667 m<sup>2</sup>产量低于F5和F6,可能原因是单位面积内植株长势存在一定差异。此外,各处理花生虫果率整体较低,可能原因是2025年花生种植期间降雨极少,土壤偏干,不利于蛴螬等地下害虫孵化和存活。

因此,本药肥配方的协同作用机制具体表现

为:噻虫胺通过“前置预防性防控”清除土壤中潜在害虫威胁,保障植株健康生长,为养分高效吸收利用创造有利条件;钼、钙作为关键生长调控因子,在花生关键生育期精准调控生殖生长进程,促进养分定向分配。二者通过“防控保体,营养促产”的协同路径,最终实现营养供给与病虫害防控。

### 4 结论

(1)农残检测结果表明,施用药肥处理的花生果仁中未检出噻虫胺;其土壤中 $w$ (噻虫胺)为0.06~0.12 mg/kg,鉴于我国目前尚未明确农业用地土壤中噻虫胺的含量限值,该含量水平暂未违反相关标准。

(2)结合市售噻虫胺药肥产品调研、各生育期生长表现及农药成本分析,F3(复合肥18-12-10+0.1%噻虫胺+钼+钙,噻虫胺成本180元/t)和F4(复合肥18-12-10+0.2%噻虫胺+钼+钙,噻虫胺成本360元/t)处理在促进花生生长发育及提升产量方面效果最优,可作为花生高效栽培的药肥管理参考方案。

### [参考文献]

- [1] 国家统计局.中国统计年鉴2024[M].北京:中国统计出版社,2024.
- [2] 李胜楠.花生蛴螬发生规律和综合防治技术[J].新农业,2024(4):10-11.
- [3] 李亚贞,韩德鹏,吴昊,等.氮肥减施与钙互作对花生氮、钙素累积分配及产量的影响[J/OL].中国油料作物学报,1-14[2026-01-22].<https://doi.org/10.19802/j.issn.1007-9084.2025109>.  
LI Y Z, HAN D P, WU H, et al. Effects of nitrogen fertilizer reduction and calcium interaction on nitrogen and calcium accumulation, distribution, and yield in peanuts[J/OL]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 1-14[2026-01-22].<https://doi.org/10.19802/j.issn.1007-9084.2025109>.
- [4] 徐凤丹,李亮,索炎炎,等.钙钼肥对花生氮素利用、生长发育及产量的影响[J].花生学报,2023,52(2):36-44.  
XU F D, LI L, SUO Y Y, et al. Effect of calcium and molybdate fertilizers on nitrogen utilization, development and yield of peanut[J]. Journal of Peanut Science, 2023, 52(2): 36-44.
- [5] 张志祥,杨荣杰,李炫乐,等.氨基酸基氟啶虫酰胺药肥产品对玉米生长及玉米蚜虫防治效果的影响[J].沈阳农业大学学报,2025,56(4):103-109.  
ZHANG Z X, YANG R J, LI X L, et al. Effect of amino acid-based flufenoxuron fertilizer products on corn growth and aphid control[J]. Journal of Shenyang Agricultural University, 2025, 56(4): 103-109.
- [6] 赵欢欢,付建涛,安玉兴,等.我国药肥研究现状及前景分析[J].热带农业科学,2023,43(2):97-102.  
ZHAO H H, FU J T, AN Y X, et al. Analysis of status and development prospect of pesticide-fertilizer in China[J]. Chinese Journal of Tropical Agriculture, 2023, 43(2): 97-102.

- [7] 顾鑫,丁俊杰,杨晓贺,等.黑龙江省东部地区马铃薯药肥一体化防病增产技术研究[J].黑龙江农业科学,2018(11):45-48.  
GU X, DING J J, YANG X H, et al. Study on pesticide and fertilizer integration to control disease and yield increasing technology of potato in eastern heilongjiang province [J]. Heilongjiang Agricultural Sciences, 2018(11):45-48.
- [8] 张荣凤.药肥双减技术在苹果种植中的应用策略[J].果树实用技术与信息,2025(1):33-35.
- [9] 周炼川,何文炜,秦西云,等.药肥一体化对烟草青枯病防治效果评价[J].湖南农业科学,2018(2):67-69.  
ZHOU L C, HE W W, QIN X Y, et al. Effects of integrated technology of medicine and fertilizer on bacterial wilt of tobacco [J]. Hunan Agricultural Sciences, 2018(2):67-69.
- [10] 潘莉璇,毛连纲,张兰,等.噻虫嗪及其代谢物噻虫胺在土壤中的环境归趋及对非靶标生物的毒性效应研究进展[J].现代农药,2022,21(3):20-24.  
PAN L X, MAO L G, ZHANG L, et al. Research progress on environmental fate of thiamethoxam and its metabolites clothianidin in soil and toxic effects on non-target organisms [J]. Modern Agrochemicals, 2022, 21(3):20-24.
- [11] 曾庆华,吴金剑,卢颖林,等.噻虫胺与不同肥料配伍性的初步研究[J].甘蔗糖业,2025,54(6):36-44.  
ZENG Q H, WU J J, LU Y L, et al. Preliminary study on the compatibility of clothianidin with different fertilizers [J]. Sugarcane and Cane sugar, 2025, 54(6):36-44.
- [12] 谢吉先,冯梦诗,丁彬,等.0.1%噻虫胺药肥用量对花生生育及蛴螬防治效果的影响[J].江苏农业科学,2021,49(13):93-97.
- [13] 索炎炎,张翔,司贤宗,等.施钼对花生氮代谢关键酶活性、氮素利用及产量的影响[J].中国油料作物学报,2024,46(3):595-603.  
SUO Y Y, ZHANG X, SI X Z, et al. Effects of molybdenum application on key enzyme activities of nitrogen metabolism, nitrogen utilization and yield in peanut [J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2024, 46(3):595-603.
- [14] 刘利,孙明岳,张蕊,等.草莓钼转运蛋白基因MOT1的克隆与表达以及对氮代谢的影响[J].植物生理学报,2017,53(4):545-554.  
LIU L, SUN M Y, ZHANG R, et al. Molecular cloning, expression analysis and its effect on nitrogen metabolism of molybdenum transporter gene *MOT1* in strawberry (*Fragaria × ananassa*) [J]. Plant Physiology Journal, 2017, 53(4):545-554.
- [15] 张俊,郝西,刘娟,等.钼肥拌种量对旱薄地花生发育及氮素积累的影响[J].河南农业科学,2021,50(3):59-66.  
ZHANG J, HAO X, LIU J, et al. Effect of seed dressing with ammonium molybdate on development and nitrogen accumulation of peanut in poor dry land [J]. Journal of Henan Agricultural Sciences, 2021, 50(3):59-66.
- [16] NIE Z J, HU C X, LIU H G, et al. Differential expression of molybdenum transport and assimilation genes between two winter wheat cultivars (*Triticum aestivum*) [J]. Plant Physiology & Biochemistry, 2014, 82:27-33.
- [17] 李新国,万书波.钙对花生生长发育调控的研究进展[J].山东农业科学,2011(8):65-67,74.  
LI X G, WAN S B. Research progress on regulation of calcium to growth and development of peanut (*Arachis hypogaea* L.) [J]. Shandong Agricultural Sciences, 2011(8):65-67,74.
- [18] 史晓龙,戴良香,宋文武,等.施用钙肥对盐胁迫条件下花生生长发育和产量的影响[J].花生学报,2017,46(2):40-46.  
SHI X L, DAI L X, SONG W W, et al. Effects of calcium fertilizer application on development and yield of peanut under salt stress [J]. Journal of Peanut, 2017, 46(2):40-46.
- [19] 姜涛,刘娟,储文,等.施钙对砂姜黑土夏花生干物质累积与分配特征的影响[J/OL].中国油料作物学报,1-9[2026-01-22].  
<https://doi.org/10.19802/j.issn.1007-9084.2025062>.
- JIANG T, LIU J, CHU W, et al. Effects of calcium application on dry matter accumulation and distribution characteristics of summerpeanut in lime concretion black soil [J/OL]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 1-9[2026-01-22].  
<https://doi.org/10.19802/j.issn.1007-9084.2025062>.
- [20] 李爱霞.钼肥在花生生产上的增产增效试验[J].河南农业,2022(19):22.
- [21] 郑国栋,黄金堂,陈海玲,等.叶面喷施钼肥对花生产量及品质的影响[J].福建农业科技,2013(11):52-54.  
ZHENG G D, HUANG J T, CHEN H L, et al. Effects of foliar spraying B and Mo on yield and quality of peanut [J]. Fujian Agricultural Science and Technology, 2013(11):52-54.
- [22] 杨智翔,高晴,刘光华,等.施钙对源库大型花生源库特性及产量的影响[J].山东农业科学,2025,57(3):117-124.  
YANG Z X, GAO Q, LIU G H, et al. Effects of calcium application on source-sink characteristics and yield of peanut with weak source and large sink [J]. Shandong Agricultural Sciences, 2025, 57(3):117-124.
- [23] 姚健,戴爱梅,杨稚娟,等.钼肥施用模式对花生农艺性状、产量及蛋白质的影响[J].中国农学通报,2015,31(27):82-87.  
YAO J, DAI A M, YANG Z J, et al. Effects of molybdenum fertilizer applying patterns on agronomic traits, yield and protein of peanut [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2015, 31(27):82-87.
- [24] HETHERINGTON A M, BROWLEE M R. Calcium-dependent protein kinase in pea shoot membrane [J]. FEBS Letters, 1982, 145(1):67-71.
- [25] HARPER J F, BRETON G, HARMON A. Decoding Ca<sup>2+</sup> signals through plant protein kinases [J]. Annual review of plant biology, 2004, 55(1):263-288.
- [26] JONES R G, LUNT O R. The function of calcium in plants [J]. The Botanical Review, 1967, 33(4):407-426.
- [27] HEMON A F, SUMARJAN I V. The rhizobium and calcium fertilizer application to peanut plant in dry land [J]. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2021, 913(1):012011.
- [28] 王容燕,高波,盖宏宇,等.吡虫啉和噻虫胺在甘薯中的分布动态及对甘薯蛴螬的防治效果[J].农药,2024,63(11):822-826.  
WANG R Y, GAO B, GAI H Y, et al. Distribution dynamics of imidacloprid and clothianidin in sweet potato plants and their control efficacy on white grubs [J]. Agrochemicals, 2024, 63(11):822-826.
- [29] 宋敏,陈晓枫,张田田,等.40%噻虫胺·氯虫苯甲酰胺悬浮种衣剂对花生地下害虫的田间防效[J].农药,2022,61(4):301-304.  
SONG M, CHEN X F, ZHANG T T, et al. Field efficacy of thiamethoxam·chlorantraniliprole 40% FSC against underground pests of peanut [J]. Agrochemicals, 2022, 61(4):301-304.