

## 案例一 怎样改变人们带着有色眼镜看“毒姜”？

贺字典 高玉峰

### 【案例说明】

本案例适用于资源利用与植物保护领域硕士学位研究生。学生了解我国生姜主产区分布、种植面积，掌握生姜种植过程、病虫害发生规律、防治方法基础上，如何降低生姜种植过程中的农药残留，实现农产品绿色发展的目标。

### 【教学重点】

生姜栽培过程与病虫害种类、发生规律、防治方法。

### 【教学难点】

怎样做到化肥农药的合理使用降低生姜中的农药残留？

### 【教学计划】

(1) 授课案例于开课一周发给学生，提示学生课前阅读相关材料；

(2) 课时分配（时间安排）：按照 2 节课 100 分钟的时间安排课程进程。课堂内容讲解 40-50 分钟；各小组案例讨论及答疑共 30-40 分钟，总结 10-20 分钟。

### 【教学过程】

背景介绍——案例引入——问题设置——分组讨论——课堂讨论总结——课后作业 布置——考核——教学效果评价

### 【新闻事件】

2013 年 5 月 4 日央视《焦点访谈》报道，记者在山东潍坊地区采访时发现，当地有些姜农使用神农丹种姜，主要成分是一种叫涕灭威的剧毒农药，50 毫克就可致一个 50 kg 重的人死亡。涕灭威还有一个特点，就是能够被植物全身吸收。当地农民根本不吃使用过这种剧毒农药的姜。这种姜外观颜色比普通生姜娇黄嫩脆，具有较强的毒性，如果经常食用，轻者会引起肠胃功能紊乱，出现腹痛、头晕等症状，重者将导致人体相关器官组织慢性衰竭。

### 【问题】

- (1) 为什么在生姜种植过程中要用剧毒农药“神农丹”？
- (2) 生姜不同生育期的病虫害发生种类和规律？
- (3) 自 2013 年至今，农药使用法律法规有何改变？

## 一、生姜简介

生姜别称白姜、川姜等，为姜科姜属多年生草本植物，原产东南亚的热带地区，在我国中部、东南部至西南部各省区广为栽培，以山东安丘、山东昌邑、山东莱芜、山东平度大泽山出产的大姜最有名。姜的根茎（干姜）、栓皮（姜皮）、叶（姜叶）均可入药，为一种药食同源的植物。生姜味辛，性微温。归肺、脾、胃经。具有解表散寒、温中止呕、温肺止咳、解毒的功效，常用于风寒感冒，脾胃寒症，胃寒呕吐，肺寒咳嗽，解鱼蟹毒。

生姜为多年生宿根草本（图1）。姜原产东南亚的热带地区，喜欢温暖、湿润的气候，耐寒和抗旱能力较弱，16℃以上开始萌芽，温度低于20℃则发芽缓慢，幼苗生长适温20~25℃，茎叶生长适温25~28℃，15℃以下停止生长。姜喜弱光，不耐强光，在强光下，叶片容易枯萎，农谚有“生姜晒了剑（新叶）等于要了命”。对日照长短要求不严。

姜喜肥沃疏松、富含有机质、排灌方便的微酸性土壤为好。对水分要求严格，既不耐旱也不耐湿，受旱则茎叶枯萎，生长不良，高温高湿，排水不良易致病害。钾最多，氮次之，磷最少。

生姜根系不发达，入土浅，主要分布在30cm左右的范围内。茎为肉质根状茎（图1），腋芽不断分生可发生一、二、三……次，次生根茎，丛生密集成块状，一般苗数愈多，姜块愈大，产量愈高。地上茎是叶鞘抱合成的假茎，高70~100cm，直立不分姜枝。叶披针形，具叶鞘，绿色，叶互生，排列两行（图1）。姜在热带能开花，花黄绿色或红色，很少结果，以根茎繁殖。



图1 生姜的肉质根、姜块（根茎）和叶片

## 二、姜种选择

生姜不用种子繁殖，而用姜块进行无性繁殖，姜块种植后从幼芽的茎部发生数条不定根，其上发生若干条小侧根，进入旺盛生长期后还可从姜母和子姜上发生若干条肉质根，这些肉质根也具有一定吸收能力，每亩用种量为 800~1000 斤左右。

### 1、生姜品种

(1) 鲁姜一号：“鲁姜一号”是利用 Co<sup>60</sup> 射线辐照处理“莱芜大姜”后培育出的优质、高产新品种，具有很好的丰产、稳产性能，平均单株姜块重 1 千克，亩产鲜姜 5300 千克。

(2) 山农大姜 1 号：山东农业大学选育的大姜块、高单产的生姜新品种，姜芽肥壮，商品性状好，辛辣味适中，抗寒性强，可一般每亩产量为 6000 千克，高产的可达 7500 千克。

(3) 莱芜大姜：山东省莱芜市地方品种，植株高大，生长势强，一般株高 80~90 cm，单株根茎重 350~450 克，通常每亩产量为 2000 千克左右，高产田可达 3500 千克。

(4) 铜陵白姜：安徽省铜陵地区地方品种，在安徽省栽培较普遍，辛辣味中等，品质良好，单株根茎重 450~650 克，每亩产 1000 千克，最高可达 2400 千克。

(5) 四川竹根姜：四川地方品种，植株高 70cm 左右，根茎为不规则掌状，肉质脆嫩，纤维少，品质优，一般单株根茎重可达 250~500 克，亩产 2500kg 左右。

### 2、姜种贮藏

姜喜温暖湿润，不耐低温，10 °C 以下会受冷害，受了冷害的姜块迅速皱缩并从表皮向外渗水，尤其是升温后很快腐烂。姜适宜的贮藏温度为 15 °C 左右，相对湿度为 65%。

#### (1) 姜窖贮藏

收获后立马入窖。在田间要进行严格挑选，剔除病变、受伤、雨淋的姜块，留下质量好姜块。姜堆至窖顶 1~1.5 m 时，姜块立式放置，每堆施 2 层，撒上一层细沙。初期打开贮藏窖通风口，观察窖口温度控制器温度，待姜圆头后当气温

下降时，可封闭窖口。。窖温一般控制在 18~20 °C 之间（图 2）。



图 2 姜贮藏窖和恒温库

### （2）恒温库贮藏

恒温冷库需设定为 13~15 °C，低于 10 °C 易腐烂，湿度控制在 75%~85% 以保持水分平衡（图 2）。

## 三、姜的种植过程

### 【问题】

- 1、为什么要挑选姜种？
- 2、姜种如何处理？用什么进行处理？

### （一）晒姜困姜（图 3）

晒姜困姜是培育壮芽的第一步。晒姜困姜一般在播种适期前 20~30 天（北方多在清明前后，南方则在春分前后），从贮藏窖内取出姜种，用清水洗去姜块上的泥土，平铺在草席或干净的地上晾晒 1~2 天，傍晚收进室内，以防夜间受冻。

晒姜种主要有以下几方面的作用：

（1）提高姜块温度，促进内部养分分解，加快发芽速度。一般姜窖内的温度为 13~15 °C，生姜在此温度条件下，基本处于休眠状态，经晒姜后，种姜体温明显提高。据测定，在室温 22 °C 条件下，堆放室内而未经晾晒的姜块表面温度为 21 °C，内部温度为 20 °C；而在阳光下晾晒的姜块表面温度为 29.5 °C，内部温度为 28 °C。

（2）减少姜块水分，防止姜块腐烂。由于贮姜窖内空气湿度大，姜块含水量高，经适当晾晒后，可降低姜块水分 尤其是自由水含量，防止催芽过程中发生霉烂现象。

(3) 有利于选择无病健康姜种。带病姜块未经晾晒时，症状不其明是，经晾晒之后，则往往表现为干瘤皱缩，色泽灰暗，症状十分明显，易于淘汰病姜。需要注意的是，晒姜要适度，切不可过度晾晒，中午若阳光光强烈，可用席子遮阴，以免姜种失水过多，姜块干缩，出芽细弱！

## (二) 姜种挑选及处理

1、精选姜种，促进早发：选择姜块肥大丰满、皮色光亮、肉质新鲜、质地硬、具有 1~2 个壮芽、重 50~75 克、无病害的老姜作种姜。

2、姜种处理（图 3）

(1) 喷姜种

(2) 浸种



注：用布鲁氏菌+解淀粉芽胞杆菌对姜种浸种 10 min 后捞出，沥干水分后晒姜。

图 3 喷姜种和浸姜种

### 【问题】

- 1、姜种携带哪些病虫害？
- 2、用哪些农药进行姜种处理？如何操作？
- 3、用生防菌代替化学农药行不行？行的话，用哪些生防菌？

## (三) 姜种催芽

1. 温室催芽。将生姜种块放置在温室台架上，保持 15 °C 以上的室温，催芽 10~20 天后，嫩芽就会生长出 1~5 cm 长的嫩芽。出苗后就可以整地下足有机肥作基肥播种。播种后在适温下 7~10 天新芽出苗。

2. 地窖催芽。农村冬季贮存红薯的地窖，内面气温恒定在 12~18 °C 之间，湿度适宜，非常适合生姜催芽。将生姜种块放置窖内，一般催芽时间大约在 20~30 天，生姜种块就会正常地长出芽苞或嫩芽，就可以开始播种。

3. 催芽室催芽。生姜催芽温度要分段调控：高温排湿阶段（第 1 周）：初始



温度升至 28~30 °C，姜堆高度 1~1.2 米，不覆盖保温材料，每 4~5 天倒堆排湿。中温壮芽阶段（第 2 周）：温度降至 24~26°C，保持湿度 70%~80%，覆盖保温材料保温。恒温出芽阶段（第 3 周）：温度稳定在 23~25 °C，铺塑料布保湿，持续 7~8 天直至芽苗破皮。低温炼芽阶段（第 4 周）：逐步降温至 18 °C，保持 3~5 天增强芽苗抗性(图 5)。根据芽子的大小、强弱分级播种。每亩用种量 300~500 kg。



图 4 晒姜



图 5 催芽

#### （四）整地与播种

##### 【问题】

- 1、生姜的生长时期分别哪几个？
- 2、生姜的需肥规律是什么样的？
- 3、施肥关键期需要如何施肥？
- 4、每种肥料的作用是什么？

##### 1、选地

选择高标准农田，避免连作。选择土质肥沃、土层深厚、透气性好、有机质丰富，保水保肥力强的沙壤土、壤土、粘壤土，田土体厚度宜达到 50 cm 以上；灌溉保证率不低于 50%，旱作区农田排水设计暴雨重现期达到 5~10 年一遇，1~3 d 暴雨从作物受淹起 1~3 d 排至田面无积水。生姜不宜连作，应与水稻、十字花科、豆科作物等进行 3~4 年的轮作。

##### 2、基肥种类与用量

基肥类型	具体种类与说明	推荐用量 (kg/亩)	施用方式
有机肥	腐熟粪肥	2500-5000	整地前撒施，后翻耕

饼肥	豆饼、花生饼等	75-100	粉碎后集中沟施
化肥	三元复合肥（氮磷钾或尿素+过磷酸钙+硫酸钾	15-20 或 各 25	集中沟施
中微量元素	硫酸锌	1-2	与细土或有机肥混匀沟施
硼砂		0.5-1	与细土或有机肥混匀沟施

### 3、整地

播种实行条播，行距 35~40 cm，株距 26~30 cm，沟深 10~20 cm，每亩用种 500 kg 左右。亩用 15 kg 尿素、25 kg 复合肥作种肥，将肥料放入沟内与土壤混匀。将姜块水平放在沟内，使幼芽方向保持一致，覆湿润细土 5 cm 左右。沟内摆好滴灌带后覆膜（图 6）。

#### 【问题】

- 1、为何摆放滴灌带？使用滴灌带时肥料选择时要注意什么？
- 2、哪些病虫害会在土壤中越冬？此时植保工作如何做？



图 6 土壤处理

### 4、拱棚类型与结构（图 7）

（1）规格：拱棚通常宽 12~16 米，高 3~3.5 米，长 60~100 米。棚体高有利于缓冲温度变化。棚四周应挖好排水沟。

覆盖材料：主要采用聚乙烯塑料薄膜。为了达到更好的保温效果，可采用“多膜覆盖”的方式，例如：“四膜覆盖”：大拱棚膜 + 二棚膜（内架设的中小拱棚）+ 小拱棚膜 + 地膜。“五膜覆盖”：大拱棚膜 + 聚光膜 + 双沟中拱棚膜 + 单沟小拱棚膜 + 地膜

#### （2）搭建步骤要点

确定方向：拱棚通常采用南北走向，利于采光均匀和通风。

棚架安装：用钢管或竹竿等材料搭建拱形骨架，间距根据材料和抗风雪能力决定，通常 0.8~1 米左右一道拱。

覆膜：选择无风的天气进行。

大膜覆盖后，四周用土压严实，并用压膜线绷紧。

内部根据温度需要，再架设二层、三层拱棚并覆盖相应的薄膜。

最后覆盖地膜。地膜覆盖可保温保湿、抑制杂草。

### （3）浇水

覆膜后再用滴灌带灌水，一定要浇透。



图 7 拱棚和膜的种类

## （五）生姜的生育期

### 【问题】

1、生姜的生育期分为几个时期，各时期有什么特性？

1.发芽期：从播种到第一片叶子展开是发芽期，通常需要 50 天的时间。要保持沟深在 20~25 cm，行距 70 cm，株距 20~25 cm。覆土深度 4~5 cm，浇一次透水。主要目的是为了促进幼芽发育，提早生根。大姜播种后。在姜芽出苗达到 80%以上时割掉地膜，浇水一次。待播种后 20~25 天，姜芽出齐后，及时上遮阳网，防高温烤苗，并根据天气情况，逐次打孔透风（图 8）。





图8 遮阳网

2.幼苗期 从叶子展开到长出两个侧枝是它的幼苗期，此时茎和根的生长迅速，一般需要 60-70 天的时间（三股权期）。

**【问题】**

- 1、苗期病虫害有哪些？需要哪种元素比较多？
- 2、为了促进生姜幼苗健壮，要做好哪些工作？
- 3、病虫害有哪些种类，如何预防？

（1）遮阴降温，促进生长：生姜是喜阴，不耐高温和强光的植物，因此夏季生长期要进行遮阴，以促进生长。遮阴方法很多，可以搭棚遮阴，也可与高秆作物玉米进行间作。

（2）施肥 小培土，多在拱棚撤膜之后，此时姜株分出 4~5 个芽，随着姜块生长，需在该期结合培土加以追肥。此时期追施高氮高钾型水溶肥，8 斤/亩，促棵膨果，姜片大小整齐。半月至二十天后，若幼苗长势弱，再追施一次高氮高钾水溶肥，可增加到 16 斤/亩，同时结合叶面喷洒叶面肥，增强叶片光合能力（图 9）。

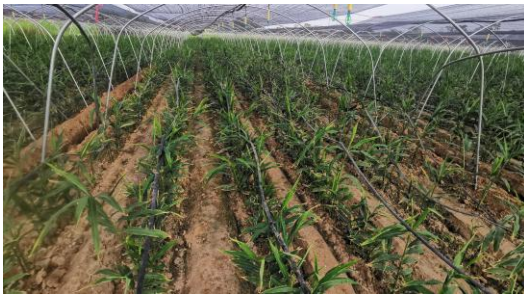


图9 小培土

（3）病虫害防治（图 10-14）



图 10 生姜茎基腐病



图 11 姜瘟病



图 12 姜叶斑病



图 13 姜根结线虫病



图 14 姜蓊马

#### (六) 生长旺盛期（大培土期）

前期茎叶发育，后期则是地下根状茎的膨大。生长期需培土 2~3 次，逐渐将种植沟变成垄，为根茎膨大创造深厚疏松的土壤环境，防止姜块外露。

大培土，多在立秋前后（8 月 7-9 日）进行，此时期后气温逐渐下降，昼夜温差加大，利于姜块膨大，是大姜需肥量的高峰阶段。建议亩追施有机肥 300 斤+高氮高钾复合肥+硫酸钾 50~80 斤。由于大培动土量大，多有伤根情况，建议大培 2 天后浇水，冲施腐酸，亩用 5 kg，促进根系恢复生长，同时提高肥料利用率。



图 15 排水和大培土

生姜的产量取决于根茎分枝多少，保进生姜分枝培育壮苗是重要工作一环。

1、防旱防涝，及时培土：生姜不耐干旱，也不耐涝，对水分要求严格。生长期以保持土壤湿润为宜，在夏季高温期间，应及时浇水降温，以早、晚浇水为好，雨水天应及时排除田间积水，以减少姜瘟的发生。为防止根茎露出地面，表皮变厚，品质变劣，要进行培土，一般结合浇水施肥进行 2~3 次培土，每次培土 3 cm 左右（图 15）。

2、做好病虫害防治工作：病害主要有姜瘟病、茎基腐病、白绢病和斑点病（图 16）。虫害主要有甜菜夜蛾、姜螟等。姜瘟病一般在 7 月始发，8~9 月为发

病盛期，发现病株及时拔除，挖去带病菌土，在病穴内撒施石灰，用干净无菌土填埋。斑点病发病初期喷洒 50%百菌清 800 倍液，隔 7~10 天喷 1 次。虫害主要有姜螟、姜蛆，用敌百虫或辛硫磷进行叶面喷洒防治。



图 16 姜螟为害状、姜螟和白绢病

### 3.采收和入窖

气温降至 15 °C 以下时开始采收，可人工挖或机械采收，挑取无病虫害姜块入窖。

#### 【提升问题】

- 1、生姜生病的原因是什么？
- 2、怎样将新型农化产品在生姜上应用？
- 3、生姜病虫害生物防治如何应用，减少化学农药的使用量？

## 四、生姜茎基腐病病株与健株根际微生物间的差异性

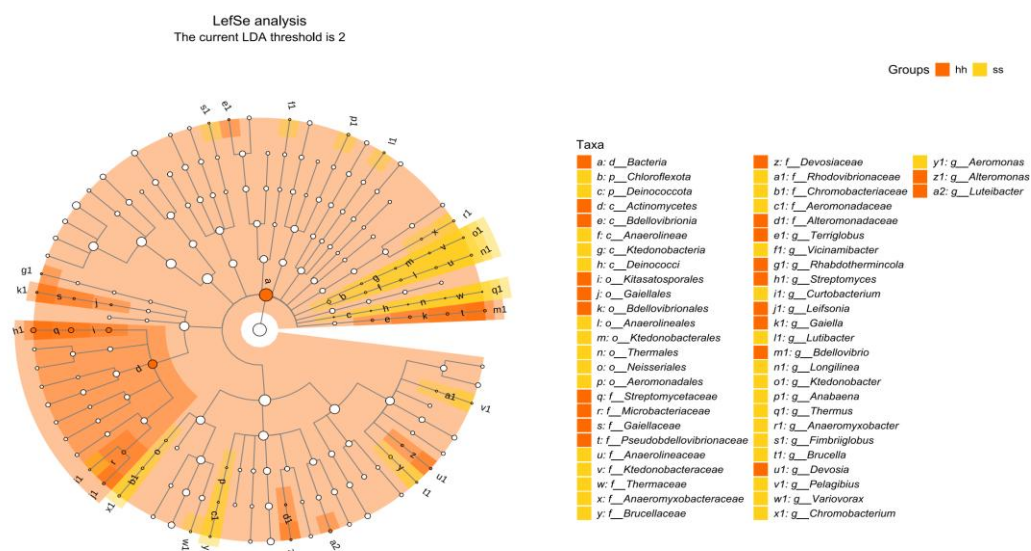


图 17 生姜健株与病株间根际细菌差异

罹病植株根际差异显著的细菌有 14 个属，分别为 *Vicinamibacter*、*Curtobacterium*、*Lutibacter*、*Longilinea*、*Ktedonobacter*、*Anabaena*、*Thermus*、



*Anaeromyxobacter*、*Fimbriiglobus*、*Brucella*、*Pleagibius*、*Variovorax*、*Chromobacterium*、*Aeromonas*。罹病植株根际细菌差异显著的 20 个种分别为 *Vicinamibacter silvestris*、*Curtobacterium luteum*、*Geobacillus* sp. Tibetan G6、*Halobacillus* sp.107 JDE-2009、*Lutibacter aestuarii*、*Longilinea arvoryzae*、*Ktedonobacter racemifer*、*Anabaena* sp. 5-Horleask 10、*Thermus antranikianii*、*Anaeromyxobacter oryzae*、*Fimbriiglobus ruber*、*Brucella anthropic*、*Bradyrhizobium elkanii*、*Pleagibius litoralis*、*Burkholderia* sp. AS024、*Burkholderia* sp. MG-2011-154-IG、*Variovorax* sp. NW-2013-Rh12、*Chromobacterium piscinae*、*Aeromonas* sp.VKM B-2261 和 *Pseudomonas* sp. EP25。健株 hh 与罹病植株 ss 差异显著为 9 个属, 分别为 *Streptomyces*、*Terriglobus*、*Rhabdotherrmincola*、*Leifsonia*、*Gaiella*、*Bdellovibrio*、*Devosia*、*Alteromonas*、*Luteibacter*。种的差异表现为健康植株根际细菌存在显著差异的 9 个种分别为 *Terriglobus albidus*、*Rhabdotherrmincola sediminis*、*Leifsonia aquatica*、*Gaiella* sp. EBR4-R2、*Bdellovibrio bacteriovorus*、*Devosia* sp. SW4182、*Burkholderia* sp. Mpa7.4、*Alteromonas* sp.VKM B-2261、*Luteibacter* sp. (图 17)

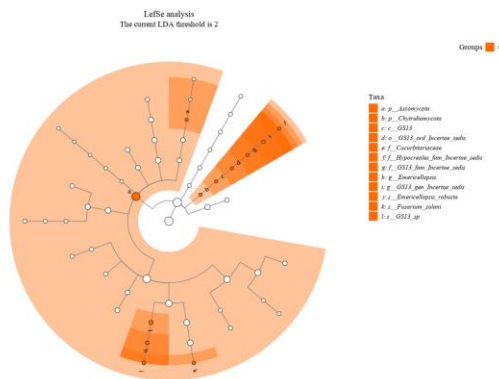


图 18 生姜健株与病株间根际真菌差异

hh 与 ss 真菌属分析后表明 hh 内没有真菌属达到显著水平, 只有 ss 内的一个真菌属和 3 个真菌种达到显著水平, 分别为 *Emericellopsis* 和 *Emericellopsis robusta*、*Fusarium solani* 和 GS13 sp. (图 18)。

## 五、生姜病害生物防治

### (一) 生防菌筛选



图 19 木霉菌对白绢病菌的抑菌率

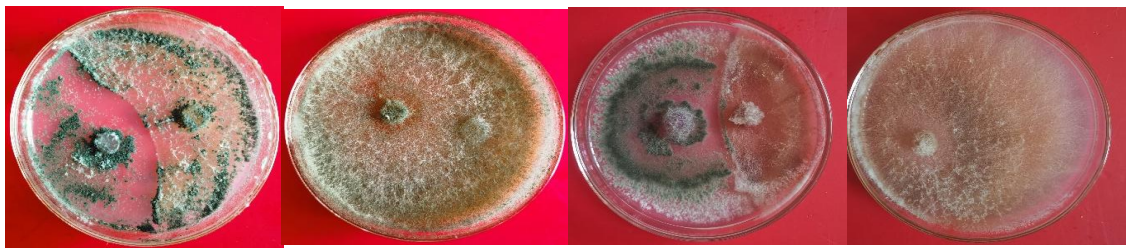


图 20 木霉菌对丝核菌的抑菌率



图 21 木霉菌对生姜茎基腐病菌的抑菌率

## (二) 木霉菌剂和菌肥的创制



图 22 木霉菌产品

## (三) 木霉菌产品应用





浸姜种



喷姜沟



喷灌+滴灌



发病后定点喷淋



促进生长



农药残留合格，喜悦

图 23 木霉菌产品应用流程

### 【课堂讨论总结】

教师在每小组答疑后，针对案例中的关键点、讨论中存在的长处、不足进行总结。对不足之处可以设置课后作业，引导学生在这些方面作更多思考和探讨。

### 【布置课后作业】

结合木霉菌防治生姜病虫害的具体案例，设计出枯草芽胞杆菌等其他生防菌对生姜病虫害的具体方案。

### 【考核方式】

根据课上讨论、发言的积极性、有效性、制定方案的合理性，给出成绩。

### 【问卷调查效果】

通过问卷调查，针对本案例的运用教学效果、对学生能力培养、教学目标达成度等方面进行评价。

1.您对本次案例教学知识目标达成度的评价

- A. 完全实现
- B. 较好实现
- C. 基本实现
- D. 较差
- E. 很差

2.您对本次案例教学能力目标达成度的评价

- A. 完全实现
- B. 较好实现
- C. 基本实现
- D. 较差
- E. 很差

3.您对本次案例教学情感目标达成度的评价

- A. 完全实现
- B. 较好实现
- C. 基本实现
- D. 较差
- E. 很差

4.您对本次案例教学内容选择适宜度的评价

- A. 非常适宜
- B. 较适宜
- C. 一般
- D. 较差
- E. 很差

5.对本次案例教学课后作业与考核方式的评价

- A. 非常合适
- B. 较适宜
- C. 一般
- D. 较差
- E. 很差

6.您课前做了哪些预习?

- A. 查阅参考文献
- B. 查阅相关图书
- C. 观看视频资料
- D. 其它途径

7.您认为以下哪种教学方式更适合研究生授课? A. 传统课堂教学

- B. 课堂案例教学
- C. 实验或实践教学
- D. 观看与教学内容相关的视频

8. 您对本教学案例的评价

- A. 非常满意
- B. 满意
- C. 一般
- D. 较差
- E. 很差

9. 您对本案例及本次案例教学的建议：\_\_\_\_\_。

### 【参考文献】

- [1] 张瑞华,徐坤.苗期遮光光质对生姜光合及生长的影响[J].应用生态学报,2008(3): 499- 504.
- [2] 韩喜艳,刘伟,孙建涛.有机生姜种植技术特点及产业发展模式分析[J].中国蔬菜, 2021(7):9-13.
- [3] 周洁,张玲玲,袁继荣,等.生姜腐皮镰刀菌的分离鉴定及 PCR 快速检测方法构建[J].植物病理学报: 2021,21(6):1-15.
- [4] 张琳.夏种生姜四注意[N].新疆科技报(汉),2021-06-25(003).
- [5] 王奕斐,王进成,于丽萍,等.生姜炭疽病和叶枯病的识别及防治[J].蔬菜,2021(6):50-51.
- [6] 陈建峰.生姜高产优化施肥最佳方案的选择与分析[J].种子科技,2021,39(10):28-29.
- [7] 王安峰,雷丹,姚振领,等.不同钾肥对生姜生长性状和产量的影响[J].现代农业科技, 2021(9):52-53.
- [8] 刘艳妮,马臣,童耀宏,等.生姜长势与土壤养分状况关系研究[J].西北园艺(综合),2021(3): 63-65.
- [9] 叶红霞.生姜姜瘟病的发生与防治[J].新农村,2021(5):21-22.
- [10] 付丽军,王永存,闫红波,等.拱棚生姜微喷灌水肥一体化高效栽培技术研究[J].安徽农业科学,2021,49(9):45-47.
- [11] 张瑞华.光质与生姜生长发育及光能利用特性的关系[D].泰安:山东农业大学,2008.
- [12] 师慧娟.生姜茎基腐病病原微生物的致病机理及抗病效果研究[D].济南:济南大学,2023.
- [13] 韩超,武贵元,刘爱新,等.生姜茎基腐病病原拮抗细菌的筛选与鉴定[J].山东农业科学,2012,44(11):84-89.

- [14] 朱红利.生姜茎基腐病生防放线菌的筛选与应用[D].南京:南京农业大学,2020
- [15] 胡鲜梅,李长松,曹亚栋,等.生姜茎基腐病原鉴定及甲壳胺对其病原菌的抑菌作用[J].中国蔬菜,2017(12):57-62
- [16] 贺字典,武春成,沈江洁,等.棘孢木霉菌肥对黄瓜枯萎病的防治效果及对连作黄瓜根际土壤微生物种群的影响[J].植物保护学报, 2018, 45 (3): 528-535.
- [17] 李婧婷,韩亚梅,金歌,等.棘孢木霉抑菌谱及木霉菌肥对北苍术根腐病的防治效果[J].河北科技师范学院学报,2022,36(4):7-12.
- [18] Shanmugam V, Gupta S, Dohroo N P. Selection of a compatible biocontrol strain mixture based on co-cultivation to control rhizome rot of ginger[J]. Crop Protection, 2013, 43: 119-127
- [19] 贺字典.木霉菌对蔬菜连作障碍的修复技术[M].北京:中国农业科技出版社,2023
- [20] 杨悦,顾广军,于文全,等.基于高通量测序技术的寒地苹果根际土壤微生物群落组成及功能预测[J].经济林研究,2025,43(2):31-42.