

# 基于因子分析的海拔及土壤质地对番茄品质的影响

王丹丹<sup>1</sup>, 王佳豪<sup>1,2</sup>, 李 燕<sup>1</sup>, 董晓旭<sup>3</sup>, 贾红卫<sup>3</sup>, 吕 远<sup>4</sup>, 师建华<sup>1\*</sup>, 田国英<sup>1\*</sup>

(1. 石家庄市农林科学研究院, 石家庄 050021; 2. 廊坊市园林绿化事务中心, 河北 廊坊 065000; 3. 河北北方学院, 河北 张家口 075000; 4. 献县农业农村局技术站, 河北 献县 050021)

**摘 要:** 为了解不同海拔及土壤质地对番茄品质的影响, 本研究以4个番茄品种为试材, 分别在较高海拔沙壤土、较低海拔沙壤土和较低海拔壤土的3个地块进行试验, 果实成熟后测定可溶性固形物含量、可滴定酸含量等11项品质指标, 通过因子分析对果实品质进行评价。结果表明, 11项番茄果实品质指标可归为3个公因子(F<sub>1</sub>-F<sub>3</sub>), 累计方差贡献率为86.70%, F<sub>1</sub>解释指标有磷元素、钾元素和镁元素, F<sub>2</sub>解释指标有可滴定酸含量、固酸比和糖酸比, F<sub>3</sub>解释指标有可溶性固形物含量和可溶性糖含量, 结合各因子贡献率建立番茄品质评分公式: 综合得分=(0.331 1F<sub>1</sub>+0.278 8F<sub>2</sub>+0.257 1F<sub>3</sub>)/0.867 0。对比不同海拔的果实品质可得, 海拔53.7 m基地果实的F<sub>1</sub>得分较高, 海拔611.4 m基地果实的F<sub>2</sub>、F<sub>3</sub>得分较高, 海拔611.4 m基地果实的综合得分较高; 对比沙壤土和壤土的果实品质, 3个公因子均为沙壤土得分较高, 由此可知, 较高海拔和沙壤土栽培更有利于番茄品质的提升。

**关键词:** 番茄品质; 因子分析; 海拔; 土壤质地

中图分类号: S641.2

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2023)05-0097-05

## The Influence of Altitude and Soil Texture on Tomato Quality Based on Factor Analysis

WANG Dandan<sup>1</sup>, WANG Jiahao<sup>1,2</sup>, LI Yan<sup>1</sup>, DONG Xiaoxu<sup>3</sup>, JIA Hongwei<sup>3</sup>, LYU Yuan<sup>4</sup>, SHI Jianhua<sup>1\*</sup>, TIAN Guoying<sup>1\*</sup>

(1. Shijiazhuang Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Shijiazhuang 050021; 2. Langfang City Garden and Greening Affairs Center, Langfang 065000; 3. Hebei North University, Zhangjiakou 075000; 4. Xianxian Agriculture and Rural Bureau Technology Station, Xianxian 050021, China)

**Abstract:** In order to understand the effects of different altitudes and soil textures on tomato quality, this study used 4 tomato varieties as test materials, and tested them on sandy loam soil at higher altitude, sandy loam at lower altitude and loam at lower altitude. Eleven quality indicators such as soluble solids and titratable acid of mature fruits are evaluated by factor analysis. The results show that after analyzing 11 indicators, 3 common factors (F<sub>1</sub>-F<sub>3</sub>) are obtained, and the cumulative variance contribution rate is 86.70%. F<sub>1</sub> explanatory indicators include phosphorus, potassium and magnesium, and F<sub>2</sub> explanatory indicators include titratable acid content, Solid-acid ratio and sugar-acid ratio, F<sub>3</sub> explanatory indicators include soluble solids and soluble sugars, combined with the contribution rate of each factor to establish tomato quality scoring standards: comprehensive score = (0.331 1F<sub>1</sub>+0.278 8F<sub>2</sub>+0.257 1F<sub>3</sub>)/0.867 0. Comparing the fruit quality at an altitude of 611.4 m and an altitude of 53.7 m, the fruit at an altitude of 53.7 m has a higher score for the first common factor, but the second and third common factors are higher at an altitude of scores 611.4 m. Taken together, the fruit at an altitude of 611.4 m has a higher comprehensive score. Comparing the fruit quality of sandy loam soil and loam soil, the scores of the three common factors are higher in sandy loam soil, and the comprehensive score is higher in sandy loam soil. Therefore, higher altitude and sandy loam cultivation are more conducive to the improvement of tomato quality.

**Key words:** Tomato fruit quality; Factor Analysis; Altitude; Soil Texture

收稿日期: 2020-09-14

基金项目: 河北省农业科技成果转化资金专项(20826902D); 石家庄市科学技术研究与发展技术项目(199490392A); 石家庄市农林科学研究院设施蔬菜创新团队项目(208790016A)

作者简介: 王丹丹(1991-), 女, 农艺师, 硕士, 主要从事设施蔬菜栽培研究。

通讯作者: 师建华, 女, 正高级农艺师, E-mail: 13785101151@163.com

田国英, 男, 研究员, E-mail: tguoying1@163.com

河北省是我国一大蔬菜主产区,2018年蔬菜种植面积78.76 hm<sup>2</sup>,其中番茄种植面积7.24 hm<sup>2</sup>,占比9.19%,石家庄为河北省番茄种植的主要产区,2016~2018年平均播种面积0.688 hm<sup>2</sup>,番茄已成为促进农民增收、推动产业发展的重要作物<sup>[2]</sup>。大量研究表明,园艺产品品质受栽培环境的影响,其中包括空气组成成分<sup>[3]</sup>、光照<sup>[4-5]</sup>、温湿度<sup>[6-7]</sup>及土壤环境<sup>[8-10]</sup>等,本研究发现不同海拔高度及土壤质地对番茄品质影响较大,了解其变化规律对番茄的生产有一定指导意义。

土壤质地对农产品品质影响较大,张艾英等<sup>[11]</sup>指出土壤环境影响小米的适口性和营养成分,沁县地区小米适口性好,且有利于蛋白质、氨基酸和维生素的积累,适合于小米的种植。研究表明紫泥田和紫潮泥有利于水稻糙米对钙的富集<sup>[12]</sup>,砂质壤土种植小林黄姜其品种特性表现纯正且产量较高<sup>[13]</sup>,辣椒、核桃、马铃薯等<sup>[14-16]</sup>多种作物均有其适宜种植的土壤类型。张丽丽等<sup>[17]</sup>研究表明,碱性土壤抑制番茄植株生长,降低产量、各组织磷含量和植株磷吸收量,但对番茄果实品质的形成具有促进作用。沈祥军等<sup>[18]</sup>进行了猪沼液和牛沼液番茄营养液配方的研制及应用效果研究,结果表明,牛沼液对番茄植株的株高、茎粗、根冠比等有较大促进作用,且番茄产量显著提高。刘中良等<sup>[19]</sup>研究了基质栽培与土壤栽培对番茄品质和产量的影响,基质栽培较土壤栽培明显

提高番茄的净光合速率,改善果实品质。石家庄地区番茄栽植面积较大,但尚未见该地区关于海拔及土壤质地与番茄品质之间关系的研究。

本研究在不同的土壤质地及不同海拔条件下栽植不同品种的番茄,通过对比其可溶性固形物含量、全磷含量等11项果实品质指标,探究相对适宜番茄栽植的土壤质地及海拔高度,以期对石家庄地区番茄适地适种的区域化生产提供理论依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料

番茄402、309、黄星7号和彩星1号种子均为京研益农公司商品种,于2月8日播种,工厂化育苗,3月20日分别定植于赵县、隆尧和行唐三地的塑料大棚内,株距35 cm,行距80 cm,单蔓整枝,生产期间同等水肥管理,第2穗果成熟后各地分别取10个果用于果实品质指标测定,重复3次。

选择土壤养分含量相近的地块进行试验,养分情况详见表1。其中有机质含量以隆尧和赵县基地较高,显著高于行唐基地;土壤氮素含量以隆尧基地最高,显著高于其余两地;隆尧基地及赵县基地土壤磷、钾素含量无显著差异,但显著高于行唐基地;土壤钙素以隆尧基地和行唐基地较高,显著高于赵县基地;镁素含量以行唐基地最高,其次为隆尧基地和赵县基地。

表1 各地土壤养分状况

试验地点(土壤类型,海拔)	有机质(g/kg)	全氮(g/kg)	全磷(g/kg)	全钾(g/kg)	全钙(g/kg)	镁(g/kg)
赵县(壤土,46.6 m)	24.7a	1.42b	2.94a	16.3a	25.5b	8.39bc
隆尧(沙壤土,53.7 m)	27.2a	2.12a	3.18a	16.7a	37.2a	10.9b
行唐(沙壤土,611.4 m)	18.5b	1.29b	0.76b	12.0b	32.1a	13.9a

注:同列小写字母不同表示在0.05水平上差异显著

### 1.2 试验方法

将番茄果实匀浆后取适量测定品质指标,其中利用ATAGO数显折光仪测定可溶性固形物含量,可溶性糖含量测定使用蒽酮比色法;可滴定酸含量测定使用酸碱滴定法;糖酸比和固酸比分别为可溶性总糖和可溶性固形物与可滴定酸之比。 $V_c$ 含量的测定使用钼蓝比色法,可溶性蛋白的测定使用考马斯亮蓝法,全磷含量用钼锑抗比色法测定,钾、钙、镁含量用硝酸-高氯酸消煮法测定<sup>[20]</sup>。

土壤取样方法选择5点取样法,使用取土器取15~20 cm处的土壤,土样混合后去除杂物,四分法取标准土样待测。有机质、全氮、全磷和全

钾测定参照阳显斌<sup>[21]</sup>的方法,全钙和镁的测定参照NY/T 296-1995的方法<sup>[22]</sup>。

### 1.3 数据分析

所有数据使用Microsoft excel 2010软件整理,SPSS 22.0统计软件进行因子分析,其中使用KMO检验和Bartlett's球形检验方法进行描述统计,利用主成分法相关性矩阵抽取因子,方差极大法计算旋转载荷。

## 2 结果与分析

### 2.1 基于因子分析的番茄品质评价标准

将三地各品种成熟果实的可溶性固形物含量、可滴定酸含量等11项品质指标进行因子分

析,以旋转原件矩阵及起始特征值大于1为标准,得到3个公因子(表2)。各因子选取载荷绝对值大于0.8为解释指标, $F_1$ 贡献率达33.11%,解释指标有磷元素、钾元素和镁元素,将其命名为大中量元素因子; $F_2$ 贡献率为27.88%,解释指标包括可滴定酸含量、固酸比和糖酸比,将其命名为可滴定酸因子; $F_3$ 贡献率为25.71%,解释指标有可溶性固形物含量和可溶性糖含量,将其命名为总糖因

表2 11项指标旋转后的因子载荷值

品质指标	$F_1$	$F_2$	$F_3$
可溶性固形物含量	0.410	-0.014	0.875
可溶性糖含量	0.242	0.039	0.912
可滴定酸含量	0.019	-0.860	0.478
固酸比	0.215	0.924	0.136
糖酸比	0.135	0.916	0.264
可溶性蛋白含量	0.598	-0.349	0.630
抗坏血酸含量	0.734	-0.498	0.290
P含量	0.922	0.079	0.026
K含量	0.847	0.240	0.187
Ca含量	-0.312	0.374	0.606
Mg含量	0.890	0.244	0.173
特征值	4.686	3.077	1.774
累计贡献率(%)	33.114	60.989	86.696

注: $F_1$ ~ $F_3$ 为公因子1~3

子;以上3个因子累计方差贡献率86.70%(>85%),可以反映品质指标中足够多的信息。由此,以因子贡献率为系数,各因子得分为变量,建立番茄品质综合评分公式:综合得分=(0.331  $1F_1$ +0.278  $8F_2$ +0.257  $1F_3$ )/0.867 0。

## 2.2 不同海拔对番茄品质的影响

分别在海拔611.4 m的行唐基地及海拔53.7 m的隆尧基地栽植3个番茄品种,试验结果见表3。由表3可知,3个品种大中量元素因子的解释指标(P、Mg)在较低海拔地区表现均高于或显著高于较高海拔地区;可滴定酸因子的解释指标中两地番茄可滴定酸含量差异不显著或低海拔地区果实显著较高;总糖因子的解释指标(可溶性固形物含量、可溶性糖含量)中均为高海拔地区显著高于低海拔地区。由此,较高海拔地区番茄品质可溶性固形物含量、可溶性糖含量较高,可滴定酸含量较低,糖酸比和固酸比较高,果实口感较甜,而较低海拔地区果实中P、Mg元素含量较高。根据品质综合评分公式计算3个品种在高低海拔的综合得分,番茄309果实品质在海拔611.4 m得分0.091 6,海拔53.7 m得分-0.344 8,黄星7号得分分别为0.890 9和0.372 8,彩星1号得分分别为0.565 8和0.134 2,较高海拔地区果实综合得分均高于较低海拔地区。

表3 不同海拔对番茄品质的影响

品种	海拔(m)	可溶性固形物含量(%)	可溶性糖含量(%)	可滴定酸含量(g/kg)	固酸比	糖酸比	可溶性蛋白含量(g/100 g)	Vc含量(mg/100 g)	P含量(mg/kg)	K含量(mg/kg)	Ca含量(mg/kg)	Mg含量(mg/kg)
309	611.4	6.1a	4.32a	4.96a	12.30a	8.71a	0.83a	14.0b	202.7b	$2.09 \times 10^3$ b	79.4a	87.5a
	53.7	4.2b	2.89b	4.91a	8.55b	5.89b	0.77a	16.7a	290.8a	$2.64 \times 10^3$ a	54.3b	95.9a
黄星7号	611.4	6.5a	4.75a	4.84b	13.42a	9.81a	1.12b	10.2b	224.3b	$2.77 \times 10^3$ a	168.9a	121.9b
	53.7	5.9b	3.67b	6.04a	9.77b	6.08b	1.26a	47.7a	289.5a	$2.72 \times 10^3$ a	58.4b	142.5a
彩星1号	611.4	6.0a	4.06a	4.78b	12.55a	8.49a	1.12a	27.6a	266.2b	$2.54 \times 10^3$ a	123.8a	108.9b
	53.7	5.1b	2.76b	5.36a	9.51b	5.15b	1.10a	26.8a	336.7a	$2.79 \times 10^3$ a	77.4b	130.1a

注:同组中同列小写字母不同表示在0.05水平上差异显著,下同

## 2.3 土壤质地对番茄品质的影响

分别调查沙壤土质地的隆尧基地和壤土质地的赵县基地番茄果实品质表现,由表4可知,番茄果实大中量元素因子的解释指标(P、K、Mg)在沙壤土的表现均显著高于壤土;可滴定酸因子的解释指标中可滴定酸含量均为壤土果实高于或显著高于沙壤土果实;番茄402的两地果实总糖因子的可溶性固形物含量和可溶性糖含量差异显著。根据品质综合评分公式计算3个品种在两种土壤质地的综合得分,番茄402果实品质在沙壤土得分0.542 4,

在壤土得分-0.729 6,番茄309得分分别为-0.344 8和-0.693 8,黄星7号得分分别为0.372 8和-0.342 8,沙壤土地区果实综合评分均高于壤土地区。

## 3 讨论与结论

因子分析是通过寻找对观察结果起潜在作用因子的有效方法,该方法将多个指标简化为少数几个“因子”,但仍可表现原始变量与“因子”之间的关系。近年来因子分析广泛应用于农业领域,前人利用多元统计分析对猴头菇、冬枣、灰枣、杨

表4 土壤质地对番茄品质的影响

品种	土壤质地	可溶性固形物含量(%)	可溶性糖含量(%)	可滴定酸含量(g/kg)	固酸比	糖酸比	可溶性蛋白含量(g/100 g)	Vc含量(mg/100 g)	P含量(mg/kg)	K含量(mg/kg)	Ca含量(mg/kg)	Mg含量(mg/kg)
402	沙壤土	4.5a	2.99a	2.51b	18.00a	11.96a	0.64a	8.82a	279.8a	2.15×10 <sup>3</sup> a	85.4a	104.2a
	壤土	4.0b	2.35b	3.83a	10.53b	6.18b	0.62a	8.56a	161.2b	1.80×10 <sup>3</sup> b	80.0a	76.3b
309	沙壤土	4.2a	2.89a	4.91b	8.55a	5.89a	0.77a	16.7a	290.8a	2.64×10 <sup>3</sup> a	54.3a	95.9a
	壤土	4.6a	3.24a	5.72a	8.04a	5.66a	0.88b	15.4b	197.2b	1.96×10 <sup>3</sup> b	53.2a	72.3b
黄星7号	沙壤土	5.9a	3.67a	6.04b	9.77a	6.08a	1.26a	47.7a	289.5a	2.72×10 <sup>3</sup> a	58.4b	142.5a
	壤土	6.0a	4.08a	7.27a	8.25b	5.61a	1.13b	29.6b	233.9b	1.80×10 <sup>3</sup> b	84.0a	79.9b

梅、甜瓜等<sup>[23-27]</sup>多种作物品质进行了综合分析评价,明确了其果实品质的代表性指标,建立了品质评价方法。目前该方法也应用于番茄的研究,Wang等<sup>[28]</sup>通过因子分析研究中等灌溉水平+高等用肥水平对番茄的产量及品质的影响。王丹丹等<sup>[29]</sup>利用因子分析的方法指出“瑞粉”番茄最优用肥方案。目前未见该方法应用于探讨番茄栽植适宜海拔及土壤质地的报道。本研究对三地种植的番茄果实的11项品质指标进行因子分析,得出影响番茄品质的3个因子分别为大中量元素因子、可滴定酸因子和总糖因子,得到评价番茄品质的综合评分公式为:(0.331 1F<sub>1</sub>+0.278 8F<sub>2</sub>+0.257 1F<sub>3</sub>)/0.867 0。

不同作物有其适宜的生长环境,其中包括温湿度、土壤类型、所处海拔等,适地适种可发挥作物的优势,从而使农户获得较高的收益<sup>[30]</sup>。番茄适地适种试验在多地均有开展,张琴<sup>[31]</sup>指出舟山市新引进的“钱塘红宝”番茄品质表现最好,采收期长,产量高,适于在舟山海岛环境下越冬栽植。刘中良等<sup>[32]</sup>在山东试种番茄“德奥特302”后指出,该番茄在产量及可溶性固形物含量、Vc含量等品质指标方面表现良好,适宜在鲁中日光温室环境下栽培生产。本研究通过对比两个海拔高度的3个番茄品种的果实品质发现,较低海拔有利于P、K、Mg等大中量元素的积累,而较高海拔在土壤养分较低的情况下降低了可滴定酸的含量、提高了糖分的积累,该结果与前人研究结果相似,推测其原因是高海拔地区光照强度和昼夜温差较大,使得白天光合作用增强,夜间呼吸作用降低,增大了糖分的积累。通过对比两个土壤质地的3个番茄品种果实品质发现,沙壤土有利于提高番茄果实中大中量元素及糖酸比、固酸比,相对于壤土更有利于番茄的生产栽培。

综上,建立番茄品质综合评分公式:综合得分=(0.331 1F<sub>1</sub>+0.278 8F<sub>2</sub>+0.257 1F<sub>3</sub>)/0.867 0,3个公因

子分别为大中量元素因子、可滴定酸因子和总糖因子。从提高番茄果实综合品质角度来看,较高的海拔和沙壤土栽植更有利于综合品质的提升。

#### 参考文献:

- [1] 周魁.河北省农村统计年鉴[K].北京:中国统计出版社,2016-2018.
- [2] 王勃颖,宗义湘,董鑫.河北省番茄产业发展现状及问题分析[J].中国蔬菜,2020(7):7-12.
- [3] 李慧霞,尚春明,杨瑞,等.增施CO<sub>2</sub>和补光对番茄生长和果实品质的影响[J].北方园艺,2020(1):1-6.
- [4] 柳帆红,肖雪梅,郁继华,等.不同时段补光对日光温室番茄营养与风味品质的影响[J].西北农业学报,2020,29(4):570-578.
- [5] 许大全,高伟,阮军.光质对植物生长发育的影响[J].植物生理学报,2015,51(8):1217-1234.
- [6] 师建华,李燕,王丹丹,等.温室冬春茬番茄精量水肥栽培技术[J].北方园艺,2019(6):205-207.
- [7] 陈小姝,刘海龙,王绍伦,等.花生发芽至苗期耐低温性的鉴定及评价[J].东北农业科学,2019,44(1):12-17.
- [8] 王丹丹,张庆银,李燕,等.日光温室袋培番茄氮、磷、钾、钙、镁营养吸收分配规律研究[J].河北农业大学学报,2021,44(1):33-40.
- [9] 季延海,李炎艳,武占会,等.灌溉量对限根栽培番茄生长和品质的影响[J].中国蔬菜,2019(10):19-25.
- [10] 王鹏,韩娟,国淑梅,等.土壤微生物菌剂对大棚油桃植株特性的影响研究[J].东北农业科学,2019,44(2):52-56.
- [11] 张艾英,郭二虎,刁现民,等.不同气候和土壤对小米品质的影响[J].中国农业科学,2019,52(18):3218-3231.
- [12] 张玉焯,王学武,张岳平,等.不同土壤对水稻糙米含钙量及产量和品质的影响[J].中国土壤与肥料,2008(5):23-27.
- [13] 朱徐燕,黄锡志,朱建杰,等.不同土壤对小林黄姜生长及品质的影响[J].浙江农业科学,2014(1):43-46.
- [14] 康林玉.不同类型土壤下辣椒的生长发育及辣椒种植对微生物的影响[D].长沙:湖南大学,2018.
- [15] 毛向红,张建英,张莹莹.园地土壤对核桃坚果品质的影响[J].经济林研究,2014,32(3):154-157.
- [16] 刘燕,李炎林,余泓,等.不同栽培土壤条件下土壤肥力和马铃薯植株营养动态的变化研究[J].中国农学通报,2012,28(7):243-250.

- [17] 张丽丽,史庆华,巩彪.中、碱性土壤条件下黄腐酸与磷肥配施对番茄生育和磷素利用率的影响[J].中国农业科学,2020,53(17):3567-3575.
- [18] 沈祥军,孙周平,张露,等.沼液番茄营养液配方的研制及应用效果研究[J].沈阳农业大学学报,2013,44(5):599-603.
- [19] 刘中良,高昕,张艳艳,等.基质栽培与土壤栽培番茄品质产量的比较研究[J].江苏农业科学,2020,48(1):124-127.
- [20] 宋丽媛,石亚冰,张贵玲,等.两种栽培条件对樱桃番茄贮藏品质的影响[J].中国果菜,2023,43(9):76-82.
- [21] 阳显斌,李廷轩,张锡洲,等.烟蒜轮作与套作对土壤理化性状及烤烟产量的影响[J].核农学报,2015,29(5):980-985.
- [22] 中华人民共和国农业部.NY/T 296-1995土壤全量钙、镁、钠的测定[S].陕西:陕西省农科院黄土高原农业测试中心,1996.
- [23] Wu D T, Li W Z, Chen J, et al. An evaluation system for characterization of polysaccharides from the fruiting body of *hericium erinaceus* and identification of its commercial product[J]. Carbohydrate Polymers, 2015, 124: 201-207.
- [24] 樊保国,李登科.制干枣品种品质性状的因子分析与综合评价[J].植物遗传资源学报,2011,12(5):716-720.
- [25] 冯会丽,吴正保,史彦江,等.基于因子分析的灰枣优良无性系果实品质评价[J].食品科学,2016,37(9):77-81.
- [26] 张淑文,梁森苗,郑锡良,等.杨梅优株果实品质的主成分分析及综合评价[J].果树学报,2018,35(8):977-986.
- [27] 王佳豪,段雅倩,包兰春,等.'羊角脆'类甜瓜果实品质因子分析及综合评价[J].中国农业科学,2019,52(24):4582-4591.
- [28] Wang X K, Xing Y Y. Evaluation of the effects of irrigation and fertilization on tomato fruit yield and quality: A principal component analysis[J].Scientific Reports, 2017, 7(1): 1-13.
- [29] 王丹丹,齐连芬,张庆银,等.日光温室不同施肥量对番茄果实品质的影响[J].河北农业大学学报,2019,42(3):71-75,87.
- [30] 祖蕾,张晓婷,申强,等.不同土壤条件对越橘生长发育及果实品质的影响[J].北方园艺,2019(16):17-22.
- [31] 张琴.海岛地区越冬番茄品种比较试验[J].浙江农业科学,2016,57(1):64-65.
- [32] 刘中良,郑建利,焦娟,等.鲁中地区日光温室番茄品种比较试验[J].北方园艺,2017(20):85-88.

(责任编辑:范杰英)

(上接第83页)

#### 参考文献:

- [1] 韩艺娟,鲁国东.水稻与稻瘟病菌相互作用研究进展[J].生物技术通报,2018,34(2):25-37.
- [2] Wang J C, Jia Y L, Wen J W, et al. Identification of rice blast resistance genes using international monogenic differentials[J]. Crop Protection, 2013, 45: 109-116.
- [3] Dean R A, Talbot N J, Ebbole D J, et al. The genome sequence of the rice blast fungus *Magnaporthe grisea*[J]. Nature, 2005, 434: 980-998.
- [4] 吴宪, Kim D, 刘晓梅,等.水稻抗稻瘟病广谱基因型的鉴定及稻瘟病菌生理小种研究[J].吉林农业大学学报, 2017, 39(4):403-408.
- [5] 陈宇飞,杨明秀,宋爽,等.18种杀菌剂对黑龙江省稻瘟病菌的室内毒力测定[J].黑龙江农业科学,2019(5):56-59.
- [6] 张传清,周明国,朱国念.稻瘟病化学防治药剂的历史沿革与研究现状[J].农药学报,2009,11(1):72-80.
- [7] 苏生,罗迷,李明,等.两种农药及其混剂对稻瘟病菌的室内毒力测定[J].山地农业生物学报,2010,29(1):39-42.
- [8] 张玲,马文秀,任佐华,等.7种杀菌剂对稻瘟病菌和水稻纹枯病菌的室内毒力测定[J].中国农学通报,2018,34(20):126-129.
- [9] 赵琪君,刘世江,丁怡,等.稻瘟病菌对丙环唑和啶菌酯的敏感性检测[J].农药,2019,58(6):462-464.
- [10] 韦文添.不同杀菌剂对油梨溃疡病菌的抑菌效果[J].吉林农业科学,2015,40(2):68-70,91.
- [11] 张蕊蕊,胡伟群,朱卫刚.啶菌酯与苯醚甲环唑混配防治水稻稻瘟病的毒力测定及田间药效[J].农药,2018,57(4):294-296,301.
- [12] 王秋萍,吴小毛,龙友华,等.甘蓝灰霉病防治药剂筛选及田间应用[J].东北农业科学,2021,46(4):43-46.
- [13] 朱峰,王继春,田成丽,等.枯草芽孢杆菌GB519抗菌蛋白的理化性质及生防效果[J].中国生物防治学报,2020,36(5):778-785.
- [14] 甘林,代玉立,杨秀娟,等.13种杀菌剂对玉米大斑病菌和弯孢霉叶斑病菌的毒力测定[J].武夷科学,2017(33):88-93.
- [15] 祁之秋,鞠雪娇,纪明山,等.辽宁省稻瘟病菌对咪鲜胺敏感基线的建立[J].农药学报,2012,14(6):673-676.
- [16] 向礼波,龚双军,史文琦,等.氯啶菌酯与戊唑醇混合物对水稻稻瘟病菌的联合毒力及防效[J].植物保护,2014,40(4):167-170.
- [17] 李洪林,宋伟,王小龙,等.8种杀菌剂对稻瘟病菌的室内毒力及田间防效试验[J].现代化农业,2016(1):1-4.
- [18] 陈阳婷,陈华保,张敏.两种农药混配对水稻稻瘟病菌的室内毒力测定[J].植物医生,2012,25(1):29-32.
- [19] 吴志华,侯建虎,周小毛,等.5种杀菌剂对湖南省水稻稻瘟病菌的室内毒力作用[J].安徽农业科学,2011,39(29):17916-17917.
- [20] 郭晓刚,王晓梅,侯志广,等.15种杀菌剂及其相关配比对水稻稻瘟病菌的室内毒力及田间防效[J].农药,2015,54(3):223-226.

(责任编辑:王昱)