

桃色欧文氏菌对 20 个紫花苜蓿品种萌发及幼苗生长的影响

姚博, 黄荣, 李钰, 张宇婧, 张璠, 张振粉*, 师尚礼**

(甘肃农业大学草业学院, 草业生态系统教育部重点实验室, 甘肃省草业工程实验室, 中-美草地畜牧业可持续发展研究中心, 甘肃 兰州 730070)

摘要:【目的】探究桃色欧文氏菌(*Erwinia persicina*)对紫花苜蓿种子的萌发和幼苗生长的影响。【方法】以 20 个紫花苜蓿品种为试验材料, 采用培养皿内接种供试细菌的方法研究桃色欧文氏菌 Cp2 对紫花苜蓿种子发芽率、发芽势、发芽指数、种子活力指数以及对幼苗根长、株高、鲜重、干重以及根、茎和叶组织的影响。【结果】1) 与 CK 组相比, 菌株 Cp2 对 20 个紫花苜蓿品种的种子发芽均有抑制作用。Cp2 组所有供试品种的发芽指数和种子活力指数分别显著降低 13.62%~33.46% 和 23.10%~64.44%。2) 菌株 Cp2 组所有紫花苜蓿品种的根长和株高较 CK 组分别显著降低 20.68%~59.14% 和 4.31%~46.30%。3) 菌株 Cp2 对 20 个紫花苜蓿品种幼苗的鲜重和干重均具有不同程度的降低作用。4) 根据 Topsis 综合评价分析得出, 菌株 Cp2 对品种巨能 601、耐盐之星和威神的总体影响较小, 对巨能 995、旱地和皇冠 3 个品种的影响最大。5) 菌株 Cp2 对品种巨能 995 的根、茎和叶组织细胞结构造成了损伤。【结论】本研究结果为进一步探究桃色欧文氏菌对紫花苜蓿的致病性以及紫花苜蓿抗病品种筛选提供理论依据。

关键词: 桃色欧文氏菌; 紫花苜蓿; 种子萌发; 幼苗生长; Topsis 综合评价法

中图分类号: S541.9 **文献标志码:** A **文章编号:** 1009-5500(2024)06-0191-08

DOI: 10.13817/j.cnki.cycp.2024.06.021



紫花苜蓿(*Medicago sativa*)富含蛋白质、维生素、氨基酸和矿物质等多种营养元素, 它作为一种优质的多年生豆科牧草, 已在全球 80 多个国家或地区种植^[1-2]。随着畜牧业的不断发展, 紫花苜蓿的种植面积还将进一步扩大。在大面积种植紫花苜蓿的过程中, 由病原细菌引起的病害是限制其优质高产的因素之一^[3]。紫花苜蓿的种子为许多细菌提供了一个栖身

场所, 有研究表明从紫花苜蓿种子中分离到的种带细菌隶属于 9 个属, 其中包含很多植物病原细菌^[4]。种带病原细菌对紫花苜蓿的生产具有很大的威胁。比如, 由种子传播的苜蓿黄单胞菌(*Xanthomonas alfalfae*)引起的细菌性叶斑病对伊朗的苜蓿种植造成了很大的损失^[5]。除此之外, 种带病原细菌不仅可以随着广泛的苜蓿种子贸易传播到新的环境中, 还可以随着种子的储存而长时间地存活^[6-7]。种带病原细菌在空间尺度上传播和时间尺度上存活的特性为其侵染寄主创造了便利性, 所以, 研究紫花苜蓿种带细菌的致病性具有重要的意义。

选用抗病品种是防治苜蓿病害的有效措施, 因此明确病原菌对不同品种紫花苜蓿的影响是选育抗病品种的关键。目前, 研究最多的是紫花苜蓿不同品种对根腐病、霜霉病和叶斑病等真菌性病害的抗性。陈超超等^[8]研究了 20 个紫花苜蓿品种对黄萎病的抗性,

收稿日期: 2023-03-20; **修回日期:** 2023-07-17

基金资助: 国家牧草产业技术体系(CARS-34); 国家自然科学基金(32060369); 甘肃省杰出青年基金(20JR10RA562); 甘肃省优秀研究生“创新之星”(2022CXZX-624)

作者简介: 姚博(1994-), 男, 甘肃定西人, 博士研究生。

E-mail: yaobo@st.gsau.edu.cn

* 通信作者。E-mail: zhangzf@gsau.edu.cn

** 通信作者。E-mail: shishl@gsau.edu.cn

支旭欣等^[9]针对由尖孢镰刀菌引起的紫花苜蓿根腐病测定了58个品种的抗性,潘龙其等^[10]通过盆栽试验评价了30个紫花苜蓿品种对拟枝孢镰刀菌的抗性。然而,不同品种紫花苜蓿对病原细菌的抗性研究鲜有报道。

桃色欧文氏菌(*Erwinia persicina*)是隶属于欧文氏菌属(*Erwinia*)的一种植物病原细菌^[11]。桃色欧文氏菌拥有广泛的植物寄主范围,可引起菜豆(*Phaseolus vulgaris*)、豌豆(*Pisum sativum*)、黄瓜(*Cucumis sativa*)、大蒜(*Allium sativum*)和欧芹(*Petroselinum crispum*)等植物的叶斑病或腐烂病^[12–16]。在我国,桃色欧文氏菌是由崔汝强等^[17]首次从澳大利亚进口的豌豆种苗病变部位分离到。之后,有研究发现该菌在山东和福建造成了西葫芦(*Cucurbita pepo*)和金针菇(*Flammulina velutipes*)的病害^[18–19]。重要的是,桃色欧文氏菌是紫花苜蓿种子中的一种优势菌^[4],此前的研究也证明了该菌对紫花苜蓿具有致病性,其症状主

要表现为叶斑和叶片黄化^[20]。然而,在实际生产中紫花苜蓿的种植品种是多样的,桃色欧文氏菌对不同品种的紫花苜蓿的影响尚未研究。

因此,本研究选用了20个紫花苜蓿商用品种作为供试材料,通过测定接种桃色欧文氏菌之后紫花苜蓿种子的萌发指标和幼苗的生长指标以及结构指标,以期初步探究桃色欧文氏菌是否对不同品种的紫花苜蓿种子萌发和幼苗生长具有不同的影响,以期为该菌的防控以及紫花苜蓿种植品种的选择提供依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

供试菌株:桃色欧文氏菌 Cp2 菌株分离自紫花苜蓿种子^[4],由甘肃农业大学草业生态系统教育部重点实验室提供。

供试品种:紫花苜蓿供试品种购自克劳沃(北京)生态科技有限公司,详情见表1。

表1 紫花苜蓿供试品种
Table 1 Alfalfa varieties for test

品种名称	试验编号	秋眠级	品种名称	试验编号	秋眠级
巨能7	A	4.1	威神	K	4.4
金皇后	B	2.0~3.0	英斯特	L	4.0
巨能2	C	3.2	斯贝德	M	1.0
巨能601	D	6.0	阿尔岗金	N	2.0~3.0
巨能801	E	8.0	维多利亚	O	6.0
巨能551	F	5.0	耐盐之星	P	4.0
巨能995	G	9.0	SK3010	Q	2.5
皇冠	H	2.0~3.0	SR4030	R	4.0
驯鹿	I	1.0	MT4015	S	4.0
旱地	J	3.0	巨能7—耐湿	T	3.8

1.2 试验方法

1.2.1 桃色欧文氏菌接种液制备 将冻存于-80℃的桃色欧文氏菌 Cp2 菌株(以下简称 Cp2)划线于 NA 培养基上复苏之后,挑取单菌落接种至 NB 培养液中,在转速 160 r/min、温度 30℃条件下培养 24 h。将培养液分装于无菌离心管中,8 000 r/min 的条件下离心 5 min 收集菌体,用无菌水重悬菌体并使 $D_{600\text{ nm}}=1.0$, 以此制备成接种液。

1.2.2 紫花苜蓿种子处理 每个品种中挑选适量的籽粒饱满、颗粒大小相当的健康种子,置于无菌烧杯中并加入 75% 酒精浸泡 2 min 后弃掉乙醇溶液,再加

入 1% 次氯酸钠溶液浸泡 5 min 后弃掉,然后用无菌水冲洗 5 次备用^[21]。

1.2.3 接种试验 选用直径为 9 cm 的玻璃培养皿并将 2 层滤纸平铺在内部,然后采用高压灭菌的方式对其进行灭菌。待无菌培养皿冷却后,在生物安全柜中取每个品种消毒完毕的种子 25 粒均匀的摆放在培养皿中,加入 4 mL 接种液后将培养皿放到恒温(20℃)组织培养室中进行培养。对照组添加等量的无菌水。每个接种处理重复 4 次。以 24 h 为间隔观察种子发芽情况,并以胚根突破种皮 2 mm 为萌发基准。培养至 7 d,测定所有处理的种子发芽指标和幼苗根长、株高、

鲜重和干重。简言之,参照赵一珊等^[22]和黄荣等^[23]的方法计算发芽指标、根长、株高、鲜重和干重等幼苗生长指标。

发芽率(GR)=第7天发芽的种子数/供试种子总数×100%

发芽势(GP)=发芽高峰期一天的发芽种子数/供试种子总数×100%

发芽指数 GI= $\sum(G_i/D_i)$

活力指数 VI=GI×S

式中: G_i 为每日的发芽种子数, D_i 为发芽天数; S 为根长。

1.2.4 组织切片制备 接种后21 d,以桃色欧文氏菌Cp2抑制最严重的品种为材料,用锋利的刀片分离其根、茎和叶片组织。接着将根、茎和叶组织用刀片切割为长约3 mm的小块并迅速投入到50% FAA固定液中,放置于室温条件下固定24 h,之后组织通过脱水、浸蜡、包埋、切片、粘片、脱蜡和番红—固绿染色等步骤进行组织切片制备^[24]。

1.4 数据分析

SPSS 26.0软件进行统计分析,其中发芽率和发芽势指标采用Mann—Whitney检验,发芽指数、活力指数、根长、株高、鲜重和干重等指标采用 t 检验进行显著性分析。采用基于熵权的优劣解距离法(Topsis)分析^[25]评价Cp2处理对各品种的影响,为了消除各品种对照组本身存在的差异,分析所用到的指标均采用相对值(处理组指标/对照组指标)。采用光学显微镜观察组织切片并拍照。采用Origin软件进行绘图。

2 结果与分析

2.1 桃色欧文氏菌 Cp2 对 20 种紫花苜蓿种子发芽的影响

Cp2处理对20种紫花苜蓿的种子发芽有不同程度的抑制作用,其中对巨能551、巨能995和SK3010 3个品种的发芽有显著的抑制作用($P<0.05$)(图1-A)。接种Cp2之后,巨能551和MT4015 2个紫花苜蓿品种的发芽势分别显著降低了9.24%和6.14%(图1-B)。菌株Cp2处理之后,所有供试品种的发芽指数和种子活力指数均显著降低,其中旱地、皇冠和巨能7在Cp2处理后其发芽指数降低最多,分别下降33.46%、31.30%和29.57%,而耐盐之星、SK3010和

MT4015 3个品种的发芽指数下降最少,分别为16.98%、16.69%和13.62%(图1-C)。与对照组相比,种子活力指数下降最多的3个品种是旱地(64.44%)、巨能995(59.76%)和皇冠(53.01%),而Cp2对种子活力指标影响最小的3个品种是巨能2(32.18%)、耐盐之星(30.24%)和巨能601(23.10%)(图1-D)。

2.2 桃色欧文氏菌 Cp2 对 20 种紫花苜蓿幼苗根长和株高的影响

Cp2菌株接种后,20种紫花苜蓿品种的根的生长都受到了显著的抑制,其中,与对照组相比,巨能995、旱地和维多利亚的根生长受到的抑制极显著($P<0.001$),其根长分别降低了59.14%、54.94%和52.35%,而耐盐之星、巨能601和驯鹿的根长降低较少,其降低率分别是25.43%、22.03%和20.68%(图2-A)。菌株Cp2对所有苜蓿品种的幼苗植株的整体生长也有不同程度抑制,其中对巨能601、驯鹿和威神3个品种的影响差异不显著。菌株Cp2处理后株高下降最多的3个品种分别是旱地(46.40%)、巨能995(44.18%)和维多利亚(32.82%),而株高下降最少的3个品种分别是威神(12.27%)、驯鹿(10.69%)和巨能601(4.31%)(图2-B)。

2.3 桃色欧文氏菌 Cp2 对 20 种紫花苜蓿幼苗鲜重和干重的影响

Cp2处理7 d后,处理组的鲜重具有不同程度的降低(图3-A)。处理组和对照组之间的显著性差异分析表明菌株Cp2处理显著降低了维多利亚的鲜重($P<0.05$),其中鲜重下降最多的3个品种分别是维多利亚(21.13%)、旱地(18.24%)和巨能995(17.57%),而品种SR4030(1.45%)、威神(0.90%)和巨能601(0.54%)的鲜重下降最少。对处理组和对照组之间干重的显著性差异分析表明,菌株Cp2处理显著降低了巨能801、巨能551、巨能995等10个品种的干重,其中下降最多的品种是旱地(31.44%)、维多利亚(26.21%)和巨能995(26.19%),而干重降低最少的品种是威神(8.83%)、巨能7(5.20%)和巨能601(5.19%)(图3-B)。

2.4 紫花苜蓿各指标的综合评价分析(Topsis)

通过Topsis法综合分析Cp2对种子发芽和幼苗生长指标的影响,综合得分介于0.1~0.9(图4)。按

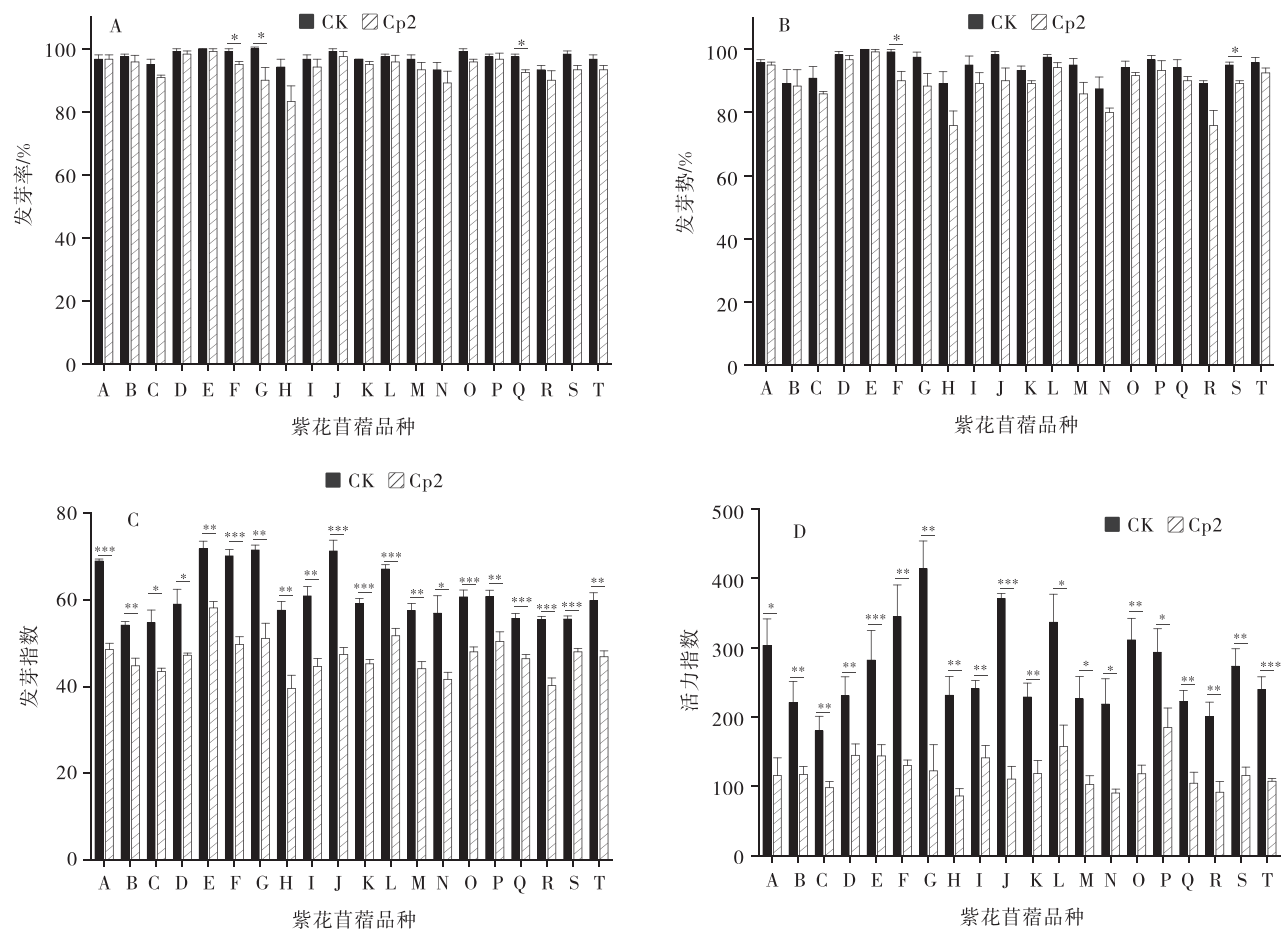


图1 桃色欧文氏菌Cp2对紫花苜蓿种子发芽的影响

Fig. 1 Effect of *Erwinia persicina* Cp2 on the germination of alfalfa seeds

注: *表示对照组和处理组之间差异显著。*, $P < 0.05$; **, $P < 0.01$; ***, $P < 0.001$,下同。

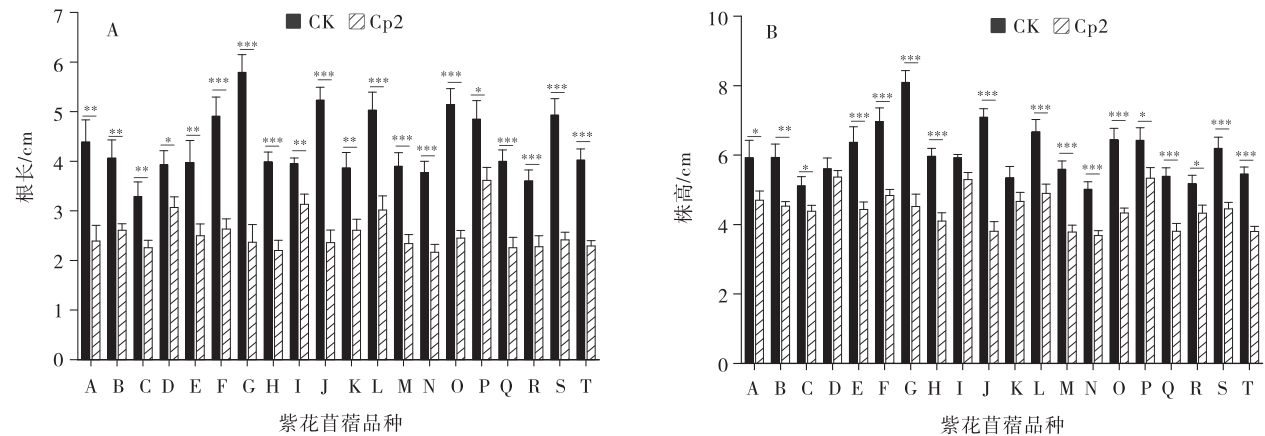


图2 桃色欧文氏菌Cp2对紫花苜蓿幼苗根长和株高的影响

Fig. 2 Effect of *Erwinia persicina* Cp2 on the root length and plant length of alfalfa seedlings

照综合得分排序可知,紫花苜蓿品种巨能601、耐盐之星、威神、金黄后和驯鹿5个品种的得分排名前5,而维多利亚、巨能551、皇冠、旱地和巨能995 5个品种的得分排名为最后5名,说明菌株Cp2菌株对于紫花苜蓿20个品种的种子萌发和幼苗生长均有不同程度的抑

制作用,其中对于巨能995、旱地和皇冠等品种的整体抑制作用最大,而对于巨能601、耐盐之星和威神等品种的整体作用最小。

2.5 组织切片观察

根据Topsis综合评价分析表明桃色欧文氏菌Cp2

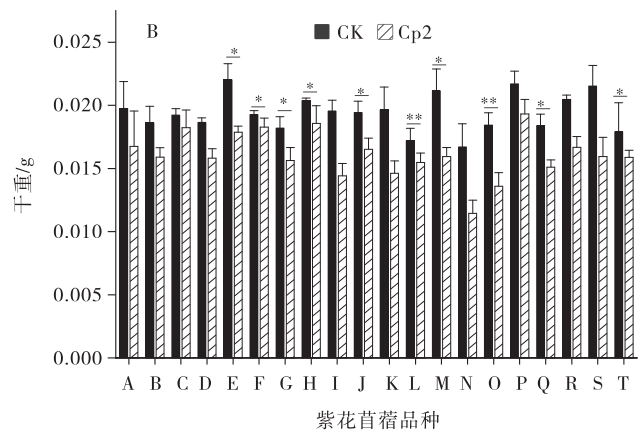
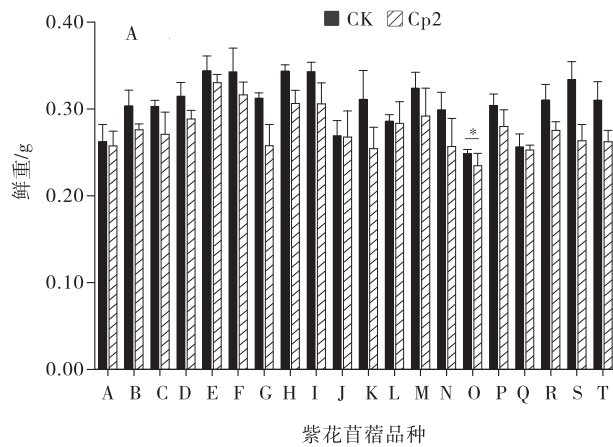


图 3 桃色欧文氏菌 Cp2 对紫花苜蓿幼苗鲜重和干重的影响

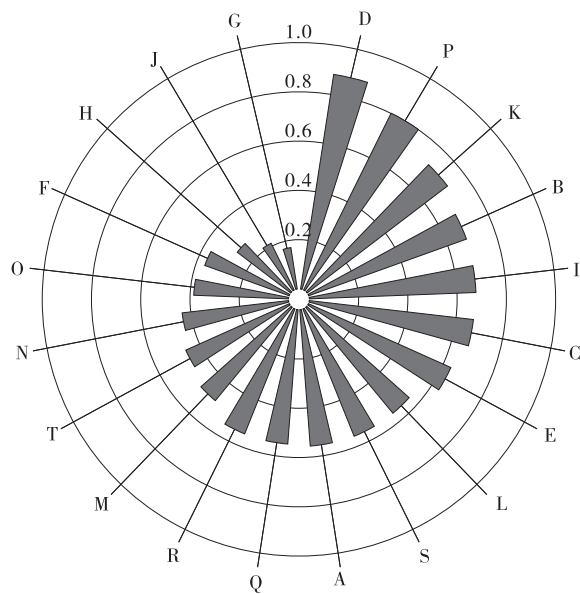
Fig. 3 Effect of *Erwinia persicina* Cp2 on the fresh and dry weight of alfalfa seedlings

图 4 紫花苜蓿各指标的 Topsis 综合评价分析

Fig. 4 Comprehensive evaluation analysis of Topsis for each index of alfalfa

对巨能 995 的抑制作用最大。通过观察该菌对巨能 995 根、茎和叶的组织切片(图 5)可知,与对照组相比,处理组根的皮层区域的细胞结构变得模糊且排列混乱,该区域的部分细胞明显增大且细胞结构不完整;菌株 Cp2 组茎的表皮细胞排列结构褶皱化,皮层区域的细胞排列不规则且出现空腔,部分细胞结构不完整;菌株 Cp2 组的叶片厚度相较于 CK 组有所增加,尤其是海绵组织区域明显增厚。此外,海绵组织和栅栏组织区域的细胞排列变得混乱,部分细胞结构不完整。

3 讨论

种子作为植物的繁殖体,经常受到种带微生物的

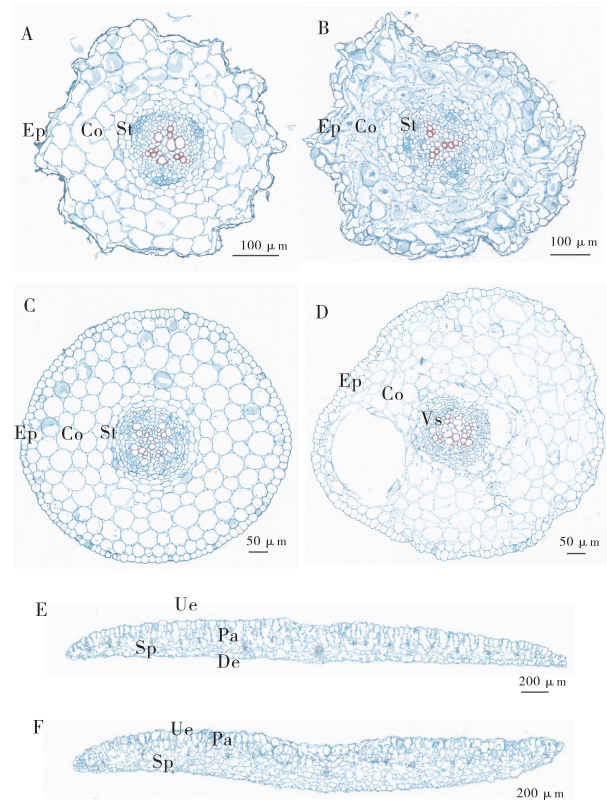


图 5 桃色欧文氏菌 Cp2 对紫花苜蓿根、茎和叶组织结构的影响

Fig. 5 Effects of *Erwinia persicina* Cp2 on tissue structure of alfalfa root, stem, and leaf.

注:A,CK 组根切片;B,Cp2 组根切片;C,CK 组茎切片;D,Cp2 组茎切片;E,CK 组叶切片;F,Cp2 组叶切片。Ep,表皮;Co,皮层;St,中柱;Ep,表皮;Co,皮层;Vs,维管柱;Ue,上表皮;Pa,栅栏组织;Sp,海绵组织。

影响,如种带细菌会通过直接或者间接的作用对种子萌发和植物幼苗的生长产生有益或者有害的影响^[26-27]。目前关于种带细菌促进种子萌发和植物生

长的研究有很多,如已有文献报道种带细菌在植物的种子保存、发芽、生长和抗逆性等方面发挥着重要作用^[28-29]。然而,种带细菌中也包含很多病原细菌,它们在条件成熟时会侵染植物并引发病害而造成减产。一般来说,这些病原细菌先定殖在植物根部,如侧根发生处的裂痕部、根毛或者根冠等部位,而后侵染寄主植株并进一步对其造成伤害^[30-31]。桃色欧文氏菌是栖息在紫花苜蓿种子内部的一种病原细菌^[4],有研究表明该菌对紫花苜蓿的种子萌发具有抑制作用^[20],与本研究的结果一致。然而,本研究发现该菌对不同品种紫花苜蓿种子的萌发影响有差异,特别是菌株Cp2处理后有些品种的种子虽然可以达到萌发标准,但是其发芽后的生长能力很弱,比如品种皇冠。综合种子的萌发和生长能力,品种旱地种子的萌发受到的抑制作用最大。

种带病原细菌除了影响种子的萌发之外,对幼苗的生长也有很大的抑制作用。实际上,植物的幼苗期是最容易受到各种病原细菌影响的敏感时期,如种带成团泛菌(*Pantoea agglomerans*)通过种子侵染后会对紫花苜蓿、水稻(*Oryza sativa*)和燕麦(*Avena sativa*)等植物寄主的幼苗生长造成显著的抑制作用,主要表现为抑制幼苗的根长、株高和干重等指标^[4,32-34]。在本试验中,桃色欧文氏菌Cp2对20个紫花苜蓿品种的幼苗生长均具有不同程度的抑制作用。前人的研究中,评价病原菌对苜蓿的抑制作用时常用发病率或病情指数等单一指标进行判断,然而单一指标的误差很大^[8,35]。为了有效消除主观观察、单一指标等因素造成的差异,本研究采用了Topsis评价法综合分析了全部指标。与前人研究^[36-37]类似的是,桃色欧文氏菌对紫花苜蓿的抑制作用具有品种差异,这可能与各品种的自身特性有关,其中具体的作用机理有待今后进一步的研究。

病原细菌的感染往往会对植物的形态结构造成改变。本研究结果表明,桃色欧文氏菌对紫花苜蓿幼苗的根、茎和叶组织的细胞结构造成了损伤。在根部和茎部,菌株Cp2导致皮层区域细胞的排列变得散乱且其结构变得异常,而根的皮层细胞是控制植物对水分和矿质养分吸收的关键细胞层^[38],菌株Cp2对皮层细胞的破坏可能会影响紫花苜蓿植株对水分和养分

的正常吸收,这也可能是导致根长和株高显著低于对照組的原因。在叶部,菌株Cp2组的海绵组织和栅栏组织的细胞结构模糊且海绵组织区域显著增厚,这可能是由于菌株Cp2的侵染破坏了紫花苜蓿叶肉细胞的细胞膜完整性^[39],同时,叶肉细胞变形可能是导致叶片增厚的原因^[40]。此外,菌株Cp2对叶片结构的破坏可能会影响紫花苜蓿植株正常的光合作用。

4 结论

桃色欧文氏菌Cp2对供试的20种紫花苜蓿品种的种子萌发和幼苗生长均具有抑制作用。Topsis综合评价分析表明桃色欧文氏菌对巨能601、耐盐之星和威神等商用品种的抑制作用较弱,而对巨能995、旱地和皇冠等品种的抑制作用较强。其中,桃色欧文氏菌的感染对品种巨能995的根、茎和叶组织的细胞结构造成了不同程度的损伤。该研究结果为紫花苜蓿建植时选择合适的抗病品种提供理论基础。

参考文献:

- [1] Yu P, Christensen D A, McKinnon J J, *et al.* Effect of variety and maturity stage on chemical composition, carbohydrate and protein subfractions, in vitro rumen degradability and energy values of timothy and alfalfa[J]. Canadian Journal of Animal Science, 2003, 83(2): 279-290.
- [2] Radović J, Sokolović D, Marković J. Alfalfa—most important perennial forage legume in animal husbandry[J]. Biotechnology in Animal Husbandry, 2009, 25(5/6): 465-475.
- [3] 南志标. 我国的苜蓿病害及其综合防治体系[J]. 动物科学与动物医学, 2001(4): 81-84.
- [4] 张振粉. 紫花苜蓿种带细菌及其致病性[D]. 兰州: 兰州大学, 2013.
- [5] Yaripour Z, Mohsen Taghavi S, Osdaghi E, *et al.* Host range and phylogenetic analysis of *Xanthomonas alfalfae* causing bacterial leaf spot of alfalfa in Iran[J]. European journal of plant pathology, 2018, 150(1): 267-274.
- [6] Kimball A M. Risky trade: infectious disease in the era of global trade[M]. London: Routledge, 2016.
- [7] López J L, Alvarez F, Principe A, *et al.* Isolation, taxonomic analysis, and phenotypic characterization of bacterial endophytes present in alfalfa (*Medicago sativa*) seeds[J]. Journal of biotechnology, 2018, 267: 55-62.

- [8] 陈超超,李贺洋,闫雨欣,等. 20份紫花苜蓿种质对黄萎病的抗性评价[J]. 草地学报, 2023, 31(5): 1425—1434.
- [9] 支旭欣,张帆,杨青川,等. 紫花苜蓿镰刀菌根腐病抗病种质资源筛选[J]. 中国草地学报, 2022, 44(4): 104—112.
- [10] 张丽,潘龙其,袁庆华,等. 不同苜蓿种质材料对茎点霉叶斑病的抗性评价[J]. 草地学报, 2016, 24(3): 652—657.
- [11] Adeolu M, Alnajjar S, Naushad S, *et al.* Genome-based phylogeny and taxonomy of the ‘*Enterobacteriales*’: proposal for *Enterobacterales* ord. nov. divided into the families *Enterobacteriaceae*, *Erwiniaceae* fam. nov., *Pectobacteriaceae* fam. nov., *Yersiniaceae* fam. nov., *Hafniaceae* fam. nov., *Morganellaceae* fam. nov., and *Budviciaceae* fam. nov. [J]. International journal of systematic and evolutionary microbiology, 2016, 66(12): 5575—5599.
- [12] Schuster M L, Schuster A M, Nuland D S. A new bacterium pathogenic for beans (*Phaseolus vulgaris* L.) [J]. Fitopatologia Brasileira, 1981, 6: 345—358.
- [13] González A J, Tello J C, Rodicio M R. *Erwinia persicina* causing chlorosis and necrotic spots in leaves and tendrils of *Pisum sativum* in southeastern Spain [J]. Plant Disease, 2007, 91(4): 460—460.
- [14] Diáñez F, Santos M, Font I, *et al.* New hosts for the enterobacterial phytopathogen *Erwinia persicina* [M]. Current research topics in applied microbiology and microbial biotechnology, 2009: 78—82.
- [15] Gálvez L, Gil-Serna J, García-Díaz M, *et al.* First report of a garlic bulb rot caused by *Erwinia persicina* in Europe [J]. Plant Disease, 2015, 99(5): 723.
- [16] Nechwatal J, Theil S. *Erwinia persicina* associated with a pink rot of parsley root in Germany [J]. Journal of Plant Diseases and Protection, 2019, 126(2): 161—167.
- [17] 崔汝强,胡学难,廖金铃,等. 进境澳大利亚豌豆细菌性萎蔫病病原菌的分离鉴定[J]. 植物病理学报, 2009, 39(3): 238—242.
- [18] 李焕玲. 蔬菜四种细菌性新病害病原菌的鉴定研究 [D]. 北京: 中国农业科学院, 2013.
- [19] Yan J J, Lin Z Y, Wang R Q, *et al.* First report of *Erwinia persicina* causing pink disease in *Flammulina velutipes* (Enoki Mushroom) in China [J]. Plant Disease, 2019, 103(5): 1014—1014.
- [20] Yao B, Huang R, Zhang Z, *et al.* Seed-borne *Erwinia persicina* affects the growth and physiology of alfalfa (*Medicago sativa* L.) [J]. Frontiers in microbiology, 2022, 13.
- [21] Nan Z B. Fungicide seed treatments of sainfoin control seed-borne and root-invading fungi. New Zealand Journal of Agricultural Research, 1995, 38(3): 413—420.
- [22] 赵一珊,杨航,徐长林,等. 杯腺柳叶片枯落物浸提液对高寒灌丛草地6种草种子萌发的化感作用[J]. 草原与草坪, 2023, 43(2): 67—74.
- [23] 黄荣,姚博,张玉娟,等. 成团泛菌 CQ10 脂多糖对紫花苜蓿种子萌发及苗期生长的影响[J]. 草地学报, 2021, 29(5): 965—971.
- [24] 李林芝,邵麟惠,于应文,等. 柴达木荒漠草原4种灌木叶片解剖结构与其抗旱性的研究[J]. 草原与草坪, 2009, 34(3): 20—23.
- [25] Zhang X Y, Shi S L, Li X L, *et al.* Effects of autotoxicity on alfalfa (*Medicago sativa*): seed germination, oxidative damage and lipid peroxidation of seedlings [J]. Agronomy, 2021, 11(6): 1027.
- [26] Shade A, Jacques M A, Barret M. Ecological patterns of seed microbiome diversity, transmission, and assembly [J]. Current opinion in microbiology, 2017, 37: 15—22.
- [27] Rochefort A, Simonin M, Marais C, *et al.* Transmission of seed and soil microbiota to seedling [J]. Msystems, 2021, 6(3): e00446.
- [28] Chee-Sanford J C, Williams M M, Davis A S, *et al.* Do microorganisms influence seed-bank dynamics? [J]. Weed Science, 2006, 54(3): 575—587.
- [29] Bastias D A, Martínez-Ghersa M A, Ballaré C L, *et al.* *Epichloë* fungal endophytes and plant defenses: not just alkaloids [J]. Trends in Plant Science, 2017, 22(11): 939—948.
- [30] 冯永君. 水稻内生优势成团泛菌 YS19 对宿主侵染和定殖机制的研究 [D]. 北京: 中国农业科学院, 2001.
- [31] 辛秀竹,刘豆豆,石怡彤,等. 禾谷镰刀菌对小麦种子萌发及幼苗形态的影响[J]. 河北农业科学, 2021, 25(1): 66—69.
- [32] 洪永聪,胡方平,黄晓南. 成团泛菌 (*Pantoea agglomerans*) 对稻谷的致病性 [J]. 福建农林大学学报 (自然科学版), 2002(1): 32—36.
- [33] 徐曼,王茜,王奕骁,等. 不同盐胁迫对长穗偃麦草种子萌发及幼苗生长的影响 [J]. 中国草地学报, 2020, 42(1): 15—20.
- [34] Wang J, Chen T, White J F, *et al.* *Pantoea agglomerans*,

- a seed-borne plant pathogenic bacterium, decreased seed germination, seedling growth and seed quality of oat[J]. European Journal of Plant Pathology, 2022, 162 (3) : 667—679.
- [35] 李芳. 中国苜蓿黄萎病研究[D]. 兰州:兰州大学, 2021.
- [36] 丁守彦, 李敏权, 赵慧. 不同苜蓿品种对镰孢菌的抗性鉴定[J]. 植物保护, 2011, 37(1): 110—114.
- [37] 黄宁, 孙鑫博, 王铁梅, 等. 62个苜蓿品种抗根腐病评价及抗病评价标准品种的筛选[J]. 中国草地学报, 2013, 35(1): 12—17.
- [38] 张标, 朱莹莹, 孙光军, 等. 植物根内皮层分化及其可塑性研究进展[J]. 天津农业科学, 2023, 29(2): 1—10.
- [39] 王伟英, 邱永祥, 邱珊莲, 等. 薯瘟菌对甘薯叶片光合特性及叶绿体结构的影响[J]. 热带亚热带植物学报, 2014, 22(6): 610—616.
- [40] 张咏梅, 马晖玲, 唐云智. 紫花苜蓿叶片受白粉病菌侵染后结构的变化[J]. 草业学报, 2017, 26(2): 88—94.

Effects of *Erwinia persicina* on germination and seedling growth of 20 varieties of alfalfa

YAO Bo, HUANG Rong, LI Yu, ZHANG Yu-jing, ZHANG Fan,
ZHANG Zhen-fen*, SHI Shang-li**

(College of Grassland Science, Gansu Agricultural University, Key Laboratory for Grassland Ecosystem, Ministry of Education, Grassland Engineering Laboratory of Gansu Province, Sino-U. S. Centers for Grazing Land Ecosystem Sustainability, Lanzhou 730070, China)

Abstract: 【Objective】 The study was carried out in order to explore the effects of *Erwinia persicina* on the germination of alfalfa seeds and seedling growth. 【Method】 20 different alfalfa varieties were used as test materials. In this study, the method of inoculating the tested bacteria in a petri dish was used to study the effects of *E. persicina* on the germination rate, germination potential, germination index and seed vigor index of 20 varieties of alfalfa seeds, as well as the effects on seedling root length, plant length, fresh weight and dry weight. 【Result】 1) Compared with CK group, strain Cp2 inhibited seed germination of 20 alfalfa cultivars. The germination index and seed vigor index of all tested cultivars in Cp2 group decreased by 13.62%~33.46% and 23.10%~64.44%, respectively. 2) The root length and plant height of all alfalfa cultivars in Cp2 group decreased by 20.68%~59.14% and 4.31%~46.30%, respectively. 3) Strain Cp2 inhibited the fresh and dry weight of 20 alfalfa cultivars. 4) According to the Topsis comprehensive evaluation and analysis, the overall effect of *E. persicina* on the varieties Salt Tolerant Star, Juneng 601 and Juneng 2 was found to be low. At the same time, it had a greater effect on the varieties of Juneng 995 and Huangguan and dry land. 5) Strain Cp2 damaged the cell structure of roots, stems and leaves of Juneng 995. 【Conclusion】 The results of this study provided a theoretical basis for further investigation of the pathogenicity of *E. persicina* to alfalfa and screening of resistant varieties of alfalfa.

Key words: *Erwinia persicina*; alfalfa; seed germination; seedling growth; topsis method

(责任编辑: 刘建荣)