

毕路然,史贵红,师桂英,等. 浸种处理对兰州百合萌发、农艺性状和根际土壤微环境的影响[J]. 江苏农业科学,2023,51(3):155-160.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2023.03.023

# 浸种处理对兰州百合萌发、农艺性状 和根际土壤微环境的影响

毕路然<sup>1</sup>, 史贵红<sup>1</sup>, 师桂英<sup>1</sup>, 杨宏羽<sup>1</sup>, 张立彭<sup>2</sup>, 李 慧<sup>1</sup>, 于彦琳<sup>1</sup>

(1. 甘肃农业大学园艺学院, 甘肃兰州 730070; 2. 临洮县农技推广站, 甘肃定西 743000)

**摘要:**为了筛选出较优的兰州百合种球浸种剂配方,设置3个处理,分别为CK(不做任何处理)、T1处理(0.33 g/L 磷酸二氢钾+1.67 g/L 生根粉+0.33 g/L 多菌灵+0.20 g/L 阿维菌素)、T2处理(0.33 g/L 磷酸二氢钾+1.67 g/L 生根粉+特8<sup>TM</sup>菌剂浸种),分析不同浸种剂配方处理对兰州百合发芽生长、根际土壤理化性状及微生物类群的影响。结果表明,2种浸种剂配方处理T1、T2对于百合生长具有正向调控效应。与CK相比,2个处理都明显改善了百合种球发芽指标及植株生长指标,其中T2处理优于T1处理。T2处理后,百合收获期地下部干质量、鲜质量分别比CK增加74.27%、69.24%。壮苗指数在开花期比CK显著增加43.96%、根冠比无显著影响。2种浸种处理降低了土壤容重、土壤pH值,增加了土壤养分含量。T2处理后土壤碱解氮、速效磷含量分别比CK显著增加55.25%、127.83%。土壤酶活性也得到了提高。T2处理还增加了土壤中的细菌、真菌数量,降低了放线菌数量。2种浸种剂处理均有效地改善土壤理化性状,提高了土壤养分利用效率,促进百合种球发芽和幼苗生长;其中T2处理效果优于T1处理,T2处理配方在百合生产中更具有推广应用价值。

**关键词:**兰州百合;种球;浸种;促生作用;土壤理化性状;微生物群落

**中图分类号:**S644.104 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2023)03-0155-06

兰州百合(*Lilium davidii* var. *unicolor*)是极具地方特色的名优蔬菜,其食用、保健和观赏价值很高<sup>[1-3]</sup>。近年来,随着食用百合国内销售市场逐渐扩大,价格不断走高,经济效益渐好,其种植面积增加。兰州百合对生长条件(海拔、年积温、年降水量

等)要求较高,仅适于兰州周边二阴山区栽培。从母株上生长出的小鳞茎长到一级种球需要2~3年,移栽后长成商品百合需要3~4年,鳞茎生长缓慢,生长周期长<sup>[4]</sup>。针对其特殊的生长特性研究其高效栽培技术具有重要意义。

种球播前处理是蔬菜栽培的重要技术环节,可有效地杀灭种子自身所带的病菌,防止种子病害的传播,降低生产成本,提高经济效益<sup>[5]</sup>。百合种子处理技术应用研究主要集中于观赏百合。杨迎东等对西伯利亚、索邦等切花百合品种的消毒处理,在百合刺足根螨、迟眼熏蚊幼虫、跳虫、线虫的灭杀效果方面进行了较为详细的研究<sup>[6]</sup>;李诚在室内药

收稿日期:2022-03-10

基金项目:国家自然科学基金(编号:31860549);兰州市科技计划(编号:2017-4-95)。

作者简介:毕路然(1998—),男,宁夏石嘴山人,硕士研究生,研究方向为蔬菜学。E-mail:1466479381@qq.com。

通信作者:师桂英,博士,教授,从事蔬菜栽培生理与技术研究。E-mail:shigy@gsau.edu.cn。

and growth and production of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) in a Mediterranean greenhouse[J]. *Agronomy*, 2021, 11(5):860.

[15] 张福漫. 设施园艺学[M]. 2版. 北京:中国农业出版社,2010.

[16] 郭正昊,于海业,张 蕾. 积温理论在日光温室的应用[J]. 安徽农业科学,2011,39(34):21526-21528.

[17] 安华明,陈力耕,樊卫国,等. 高等植物中维生素C的功能、合成及代谢研究进展[J]. 植物学通报,2004,39(5):608-617.

[18] 赵江涛,李晓峰,李 航,等. 可溶性糖在高等植物代谢调节中的生理作用[J]. 安徽农业科学,2006,34(24):6423-

6425,6427.

[19] 宋明军. 甘肃省日光温室建设中存在的问题及对策浅析[J]. 甘肃科技,2005,21(1):15-16,14.

[20] 吴春玲,庄玉秀,杨振华,等. 中卫市沙漠日光温室的建造与保温效果[J]. 中国蔬菜,2011(15):54-56.

[21] 任佳楠,张亚红,付玉芳,等. 相变蓄热墙体对日光温室热环境及乳瓜生长发育的影响[J]. 江苏农业科学,2021,49(4):164-169.

[22] 李 鹏,张亚红,崔 海,等. 相变蓄热系统对日光温室热环境及草莓产量和品质的影响[J]. 安徽农业大学学报,2020,47(4):648-654.

剂筛选的基础上研究了种球消毒技术<sup>[7]</sup>。而兰州百合是小宗山地旱作蔬菜,在实际生产中农户基本不使用该技术,所以关于食用百合种子处理方面的研究鲜有报道。

种球表面消毒是种子处理的常规技术,可以有效杀灭种子表面微生物,该技术已在观赏百合上成功应用<sup>[8-10]</sup>;生根粉以及磷酸二氢钾浸种具有刺激种子萌发和促进壮苗壮根的作用,其价格便宜,在农、林、园艺业中得到广泛应用。种子生物引发技术是近年来发展起来的种子处理新技术,该技术应用有益微生物作为种子保护剂,有益微生物能够进行大量的繁殖,通过种子处理,有益微生物布满幼苗种子的表面,使得幼苗种子免遭有害菌的污染和侵袭。笔者所在课题组于 2018—2019 年进行了兰州百合连作障碍缓解技术研究,发现利用有益微生物菌制剂(特 8<sup>TM</sup> 菌剂)处理土壤,可以有效提高百合栽培土壤的健康性<sup>[11]</sup>。据此,围绕种子消毒与种子生物引发处理,配合使用发根激素及磷酸二氢钾,设计了几种浸种剂处理,从中筛选出 2 种效果较优的配方浸种剂。本研究选择了这 2 种配方对兰州百合进行播前处理,分析该配方对兰州百合发芽、植株生长、植物根际土壤理化和生物学性状的影响,以期进一步明确其作用效应及作用机制,为提升兰州百合栽培技术水平提供技术支撑。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验区概况

试验点选择在兰州、榆中、临洮交界处,七道梁山顶东南部,毗邻阿干镇的中铺镇蒋家山村进行。该地区属于高山坡地,气候温凉,半湿润,无霜期较短,是典型的二阴山区,属于兰州百合适宜种植区(103°53′12″~103°53′14″E,35°49′11″~35°49′13″N,海拔为 2 330 m)<sup>[12]</sup>。

### 1.2 试验设计及处理方法

种球浸种剂共设 3 个处理,分别为种球不浸种(CK);用磷酸二氢钾 0.33 g/L + 生根粉 1.67 g/L + 多菌灵 0.33 g/L + 阿维菌素 0.20 g/L 浸种(T1);用磷酸二氢钾 0.33 g/L + 生根粉 1.67 g/L + 特 8<sup>TM</sup> 菌剂进行浸种(T2)。为保证种球发芽及幼苗生长指标的准确性,选择质量为(17 ± 2) g、形状大小一致的种球为材料,将百合种球浸入特定的药剂配方中浸种。浸种方法是种球浸泡 4 h,并进行乙醇消毒处理,晾干 15 h 后播种。

田间试验采用随机区组设计。播种时间为 2019 年 4 月 18 日,株距为 20 cm、行距为 42 cm、播种深度为 10 cm,每处理栽植 6 行,小区面积 7.5 m × 2.0 m,保护行 0.4 m,横向保护行 0.5 m,每个处理设置 3 次重复。常规田间管理,旱作栽培,无灌溉。

### 1.3 植株生长生理指标测定

百合于 2019 年 4 月 18 日种植,发芽势于百合栽种 30 d 左右时进行测定,发芽率于百合栽种 36 d 左右时进行测定。

地上(地下)部分干(鲜)质量、茎粗、根系活力、及株高分别在兰州百合苗期(2019 年 6 月 12 日)、开花期(2019 年 7 月 28 日)、收获期(2019 年 9 月 28 日)进行取样测定。每个处理选择生长势一致的百合植株,从中随机选择 5 株进行株高、茎粗、地上(地下)部干(鲜)质量的测定<sup>[13]</sup>。用数显电子游标卡尺测定茎粗(植株根颈处的直径),用卷尺测定株高(植株根颈至生长点);将植株从根颈部位切断,用百分之一电子天平分别称量植株地上部、地下部质量,测定鲜质量。干质量测定时将称完鲜质量的植株在 105 ℃ 烘箱中杀青 15 min 后,于 60 ℃ 烘干至恒质量,用百分之一电子天平称质量。根系活力测定采用 TTC 法<sup>[14]</sup>。

发芽率 = 兰州百合栽种约 36 d 时的发芽数/试验种子总数 × 100%;

发芽势 = 兰州百合栽种约 30 d 时的发芽数/试验种子总数 × 100%;

壮苗指数 = (茎粗/株高 + 地下部分质量/地上部分质量) × 全株质量;

根冠比 = 地下部分质量/地上部分质量。

### 1.4 土样的采集与测定

采样时间分别在苗期、开花期、收获期。使用抖根法取百合根际土样。

土壤可见微生物计数采用稀释平板法,真菌采用马丁氏培养基,细菌采用牛肉膏蛋白胨培养基,放线菌采用高氏 1 号培养基<sup>[15]</sup>。

土壤理化性状仅在盛花期测定。土壤容重采用环刀法测定<sup>[14]</sup>;土壤孔隙度采用计算法,即孔隙度 = (1 - 容重/比重) × 100%;有机质含量采用重铬酸钾容量 - 稀释热法测定;碱解氮含量采用碱解扩散法测定;速效磷含量采用碳酸氢钠浸提 - 钼锑抗比色法测定;速效钾含量采用 NaNO<sub>3</sub> 浸提 - 四苯硼钠比浊法测定<sup>[16]</sup>;pH 值、电导度(EC)采用土水比 1:5(质量比)浸提,用 pH 值计和电导仪测定。

脲酶活性采用苯酚钠－次氯酸钠比色法测定;过氧化氢酶活性采用高锰酸钾滴定法测定;蔗糖酶活性通过 3,5－二硝基水杨酸比色法测定;碱性磷酸酶活性采用磷酸苯二钠比色的方法<sup>[13]</sup>进行测定。

1.5 数据处理

用 SPSS 19.0 统计软件对数据进行方差分析,并用 Duncan’s 法进行差异显著性检测( $\alpha=0.05$ )。用 Microsoft Excel 2010 软件对原始数据进行处理。

2 结果与分析

2.1 不同配方处理对兰州百合发芽势、发芽率的影响

发芽率测定结果表明,不同处理对兰州百合发芽率的影响差异不显著(表 1)。3 个处理中 T2 处理发芽率最高,为 85%,高于 CK 14.86%,T1 处理优于 CK 但次于 T2 处理,为 79%,高于 CK 6.76%。总体上,不同配方浸种剂对兰州百合的发芽率与发芽势变化趋势相一致。

表 1 不同配方处理对兰州百合发芽状况的影响

处理	发芽势 (%)	发芽率 (%)
CK	46a	74a
T1	52a	79a
T2	60a	85a

注:同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著( $P<0.05$ )。表 2 至表 5 同。

表 2 不同配方浸种剂对兰州百合生长性状的影响

生育期	处理	株高 (cm)	茎粗 (mm)	地下部		地上部	
				干质量(g)	鲜质量(g)	干质量(g)	鲜质量(g)
苗期	CK	16.43±0.56b	6.17±0.33a	4.63±0.04c	21.66±0.12a	2.59±0.03b	10.76±0.32a
	T1	16.84±0.21b	6.41±0.16a	5.83±0.03b	21.33±2.20a	2.91±0.02b	10.67±1.10a
	T2	17.79±0.73a	6.48±0.04a	6.64±0.05a	23.28±2.74a	2.04±0.03a	11.64±1.37a
开花期	CK	27.01±0.22a	5.85±0.22b	8.88±0.42b	24.14±1.98b	4.27±0.27b	18.46±1.20b
	T1	29.11±1.67a	6.01±0.15b	10.92±0.23ab	28.41±1.31ab	3.51±0.68b	19.14±2.48b
	T2	29.56±0.69a	6.63±0.06a	12.42±1.29a	34.53±2.80a	6.06±0.45a	25.80±1.03a
收获期	CK	27.71±0.32a	6.28±0.17b	9.56±1.04b	33.13±2.84b		
	T1	28.45±1.38a	6.45±0.28ab	11.26±2.40b	41.00±3.10b		
	T2	29.36±0.74a	6.98±0.12a	16.66±0.67a	56.07±1.17a		

注:收获期地上部枯萎不进行测量。

2.2.2 壮苗指数、根冠比及产量指标的显著性分析  
根冠比可准确地反映植株同化产物的分配情况,合理的根冠比对促进作物增产具有重要作用<sup>[18]</sup>;壮苗指数是反应植株综合性生长的重要指标。从表 3 可以看出,兰州百合在苗期各处理间壮苗指数差异

发芽势是衡量作物种子生长品质的另一个重要指标<sup>[17]</sup>。与 CK 相比,在相同时间内使用不同的配方浸种剂处理对兰州百合植株的发芽势均有不同程度的影响,T2、T1 处理均提高百合的发芽势,其发芽势分别为 60%、52%;T2 处理较 CK 提高 30.43%,T1 处理次于 T2 处理。

2.2 不同配方浸种剂对兰州百合农艺性状的影响

2.2.1 不同配方浸种剂对兰州百合植株生长性状的影响  
在不同的生育期,T1、T2 处理均能影响兰州百合的株高和茎粗(表 2)。在开花期和收获期 T1、T2 处理的兰州百合株高差异不显著,茎粗高于对照。2 种浸种方法对兰州百合株高、茎粗的影响均呈现 T2>T1>CK 处理的趋势。其中 T2 处理茎粗高于 T1 处理,与 CK 相比苗期、开花期、成熟期分别增加 5.02%、13.33%、11.15%。

兰州百合浸种处理地下部干质量、鲜质量较 CK 呈增加趋势(表 2)。2 个处理对兰州百合的地下部干质量、鲜质量的影响均高于 CK,在不同生育期,T1、T2 2 种处理对兰州百合地下部干质量、鲜质量的影响均呈现 T2>T1>CK 处理的趋势。其中收获期 T2 处理的地下部干鲜质量显著高于 T1 处理,与 CK 相比地下部干质量增加 74.27%,地下部鲜质量增加 69.24%,一直呈增加趋势。苗期 T1 处理与 CK 相比显著增加兰州百合地上部干质量,增幅为 12.36%;开花期,T2 处理能够显著增加百合地上部干鲜质量,与 CK 相比增幅分别为 41.92%、39.76%。

不显著,到开花期,T2 处理效果优于 T1 处理,与 CK 相比显著提高 43.96%。对于百合植株的全株生长量,T1、T2 处理苗期全株干质量均显著高于 CK,且 T1 处理效果优于 T2 处理;开花期 T2 处理效果优于其他 2 个处理,差异显著,与 CK 相比,全株鲜质量、

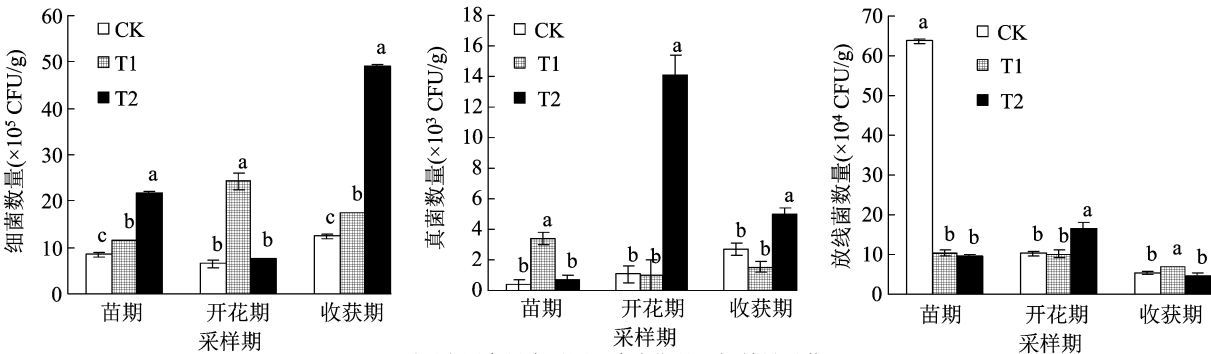
表 3 不同配方浸种剂对百合鳞茎壮苗指标的影响

生育期	处理	壮苗指数 (%)	根冠比 (%)	全株鲜质量 (g)	全株干质量 (g)
苗期	CK	77.53 ± 1.61a	2.02 ± 0.05a	32.41 ± 0.42a	7.21 ± 0.01b
	T1	76.16 ± 7.78a	2.00 ± 0.00a	32.00 ± 3.31a	8.74 ± 0.01a
	T2	82.61 ± 9.69a	2.00 ± 0.00a	34.92 ± 4.10a	8.67 ± 0.01a
开花期	CK	171.55 ± 20.60b	1.33 ± 0.20a	42.60 ± 1.30b	13.15 ± 0.46b
	T1	196.40 ± 8.85b	1.52 ± 0.15a	47.55 ± 3.60b	14.43 ± 0.79b
	T2	246.97 ± 15.01a	1.34 ± 0.13a	60.33 ± 2.81a	18.48 ± 1.74a

干质量分别提高 41.62%、40.53%。

2.3 不同配方浸种剂对百合根际土壤微生物的影响

在苗期、开花期和收获期,不同浸种方法均显著影响土壤中可培养微生物数量(图 1)。苗期、收获期各处理的细菌数量显著增加,T1、T2 处理比 CK 苗期分别增加 37%、159%,收获期增加 41%、



不同小写字母表示同一生育期处理间差异显著(P<0.05)  
图1 不同配方浸种剂对土壤可培养微生物的影响

2.4 不同配方浸种剂对百合根际土壤理化性状及酶活性的影响

2.4.1 不同配方浸种剂对百合根际土壤理化性状的影响 不同浸种处理对兰州百合栽植土壤化学性状的总体效果依次为 T2 > T1 > CK 处理。土壤容重是土壤物理性状的重要组成部分,关系着土壤水、气、热的流通与贮存<sup>[19]</sup>。由表 4 可知,T1、T2 处理在一定程度上降低了土壤容重,以 T2 处理降低幅度最大,与 CK 处理相比较,降低幅度为 9.66%,说明该处理条件下土壤疏松透气性最好,更有利于兰州百合植株根系的生长发育。土壤有机质是表征土壤肥力的重要指标。使用不同浸种方法对兰州百合栽植土壤有机质含量和 pH 值均有不同程度的影响。与 CK 相比 T2 处理间有机质含量显著提高,但土壤 pH 值降低,比 CK、T1 处理分别降低 2.47%、1.86%。T2 处理显著增加了土壤碱解氮、速效磷含量,与 CK 相比分别增加了 55.25%、127.83%,并且除速效钾外,其余养分含量各处理间

297%;T2 处理的细菌数量增幅在苗期、收获期显著高于 T1 处理。

各处理真菌数量在百合苗期表现出 T1 处理的土壤真菌数量最多,这可能是由于此处理中存在的阿维菌素杀灭了有益菌的同时增加了土壤中的有害菌;在百合开花期、收获期与 CK 相比,T2 处理一直处于增加的趋势,增幅分别为 1 218%、85.3%,而 T1 处理在开花期、收获期减幅分别为 5.6%、43.0%,这是因为特 8<sup>TM</sup> 菌剂微生物菌剂在增加土壤有益菌的同时引起了土壤中有菌的存在。

各处理放线菌数量在百合苗期表现出 CK 处理的放线菌数量显著高于 T1 和 T2 处理;开花期,与 CK 相比 T2 处理的放线菌数量显著增加,增幅为 63%;收获期,与 CK 相比 T1 处理的放线菌数量显著增加,增幅为 28.8%,T2 处理放线菌数量略低于 CK 处理。

差异达到显著水平。虽然 T1、T2 处理均能够增加土壤中的养分含量,但与对照相比较 T2 处理的增幅高于 T1 处理,表明在兰州百合种球浸种测定土壤养分含量方面特 8<sup>TM</sup> 微生物菌剂是首选浸种剂。

2.4.2 不同配方浸种剂对百合根际土壤酶活性的影响 不同配方处理对百合不同时期根际土壤酶活性均有影响。从表 5 可以看出,各处理条件下过氧化氢酶在百合苗期差异性不显著,T1、T2 处理过氧化氢酶活性均低于 CK;百合开花期 T1、T2 处理与 CK 差异未达显著水平;百合收获期,T1 处理显著低于 CK、T2 处理,过氧化氢酶活性为 1.23 mL/g,较 CK 降低 9.56%。整体来说,T2 处理过氧化氢酶活性优于 CK、T1 处理。

百合苗期,T2 处理脲酶活性显著增加,与 CK 相比较增加了 29.33%;T1 处理脲酶活性最低,与 CK 相比脲酶活性降低 20.76%;百合开花期、收获期各处理间差异性不显著。

蔗糖酶活性在百合苗期时 T1、T2 处理与对照

表 4 不同配方浸种剂对土壤理化性状的影响

处理	容重 (g/cm <sup>3</sup> )	有机质含量 (g/kg)	pH 值	碱解氮含量 (mg/kg)	速效钾含量 (mg/kg)	速效磷含量 (mg/kg)
CK	1.45 ± 0.01a	9.43 ± 0.54b	8.11 ± 0.00a	29.88 ± 1.64b	200.46 ± 4.63a	21.45 ± 0.04c
T1	1.40 ± 0.01b	9.66 ± 0.37ab	8.06 ± 0.03a	42.55 ± 5.62a	211.37 ± 3.16a	34.69 ± 1.29b
T2	1.31 ± 0.01c	9.89 ± 0.42a	7.91 ± 0.03b	46.39 ± 1.30a	266.61 ± 1.78a	48.87 ± 2.63a

注:测定时期在开花期。

间差异性不显著。百合开花期,各处理间没有达到差异显著水平;百合收获期,T2 处理的蔗糖酶活性显著高于 CK,与 CK 相比增加 20.10%。

从表 5 可以看出,苗期、开花期和收获期 T1、T2 处理碱性磷酸酶活性均高于 CK,T2 处理碱性磷酸酶活性显著高于 T1 处理,T2 处理与 CK 相比不同生育时期分别增加 41.86%、31.91%、52.38%。

表 5 百合根际土壤酶活性的变化

土壤酶	处理	活性		
		苗期	开花期	收获期
过氧化氢酶(mL/g)	CK	2.64 ± 0.09a	4.86 ± 0.01a	1.36 ± 0.02a
	T1	2.07 ± 0.41a	4.88 ± 0.01a	1.23 ± 0.04b
	T2	2.43 ± 0.10a	4.98 ± 0.03a	1.41 ± 0.04a
脲酶(mg/g)	CK	5.25 ± 1.34b	5.77 ± 0.11a	7.07 ± 0.38a
	T1	4.16 ± 0.83b	5.83 ± 0.35a	6.20 ± 0.59a
	T2	6.79 ± 0.15a	6.88 ± 0.71a	7.80 ± 0.26a
蔗糖酶(mg/g)	CK	4.64 ± 0.58a	7.82 ± 0.38a	6.12 ± 0.42b
	T1	5.03 ± 0.30a	7.71 ± 0.33a	6.32 ± 0.45ab
	T2	5.33 ± 0.34a	8.05 ± 0.30a	7.35 ± 0.13a
碱性磷酸酶(mg/g)	CK	0.43 ± 0.02c	0.47 ± 0.09b	0.42 ± 0.09b
	T1	0.46 ± 0.05b	0.53 ± 0.10b	0.44 ± 0.03b
	T2	0.61 ± 0.07a	0.62 ± 0.07a	0.64 ± 0.02a

3 讨论与结论

百合植株生长及根际土壤微生态环境分析表明,2 种浸种剂配方处理对于百合植株生长发育均具促进作用。与 CK 相比,兰州百合种球发芽指标、植株生长性状(株高、茎粗、地下部干鲜质量、地上部干鲜质量等)具有明显改善。其中 T2 处理(磷酸二氢钾 0.33 g/L + 生根粉 1.67 g/L + 特 8<sup>TM</sup> 菌剂浸种)优于 T1 处理(磷酸二氢钾 0.33 g/L + 生根粉 1.67 g/L + 多菌灵 0.33 g/L + 阿维菌素 0.20 g/L)。

T2 处理处理的浸种剂配方含有微生物菌剂,T1 处理的浸种剂配方含有种子消毒剂,其余配方成分二者相同。通过有益微生物制剂浸种以调节百合种球表面及根际微生物区系是非常有效的处理方法,作用效果优于种球表面消毒处理。利用有益微

生物作为种球保护剂,使得幼苗种球免遭有害菌的污染和侵袭是其种球生物引发产生正效应的重要作用机制。一方面,兰州百合种球带根播种,土壤生态系统中含有大量的微生物,其中包括有益的微生物和有害的微生物。利用化学药剂进行种子消毒处理,在杀死有害微生物的同时,也会杀死有益微生物,破坏土壤微生物区系群落结构;另一方面,由于化学杀菌剂的存在,植物根际暂时会形成一个趋近于无菌或低微生物的环境,但是等化学杀菌剂完全分解之后,在该环境条件下,由于有益微生物缺乏,会导致种球表面及根际土壤大量的有害微生物出现反弹式增长,不利于土壤健康性的恢复和保持。而微生物菌剂中含有诸多有益细菌类群,能够抑制植物土传病害的发生,促进连作栽培中抑菌性土壤的形成,笔者所在课题组前期关于兰州百合连作障碍机制的研究中也得到了类似结论<sup>[12]</sup>。通过以上基本功能,微生物菌剂最终优化了种子表面及根际微生物区系,促进植物生长。上述分析阐明了 T2 配方浸种处理的作用机制以及 T2 配方优于 T1 配方的原因。

植物土壤的容重及土壤总孔隙度的变化直接表征着土壤的松紧平衡程度,土壤容重的变化影响土壤的多孔性质,使得土壤孔隙度发生变化,从而直接影响到农作物根系的正常生长发育和生物量的增加和累积,与植物土壤的保肥、保热、保水能力的关系密切<sup>[20-22]</sup>。T1、T2 处理配方浸种均对百合根际土壤理化性状有显著的影响,其中以 T2 处理效果影响更显著。T2 处理能够有效增加土壤中的有机质含量以及速效钾、速效磷、碱解氮的养分含量,并在一定程度上降低土壤 pH 值和电导率。因此,该处理可以提高养分和化学肥料的利用,避免因大量使用化学肥料而产生板结、盐渍化的现象,在笔者所在课题组前期关于兰州百合连作障碍机制的研究中也得到了类似结论<sup>[11]</sup>。土壤酶主要来源于土壤中的各种植物、微生物以及土壤中的动物,它们不仅可以直接参与土壤中营养物质的转化和能量的代谢,而且其活性大小也是作为一种衡量

土壤肥力的重要指标<sup>[23-25]</sup>。在百合不同生育期 T2 处理过氧化氢酶活性、脲酶活性、土壤蔗糖酶活性、碱性磷酸酶活性高于 CK、T1 处理。T2 处理配方中含有特 8<sup>TM</sup> 微生物菌剂,该微生物菌剂以假单胞杆菌及植物乳杆菌(*Lactobacillus* sp.)作为主要成分,包含 22 类菌群,有益微生物总数达 15 000 CFU/g。该菌剂处理种球后,土壤微生物数量显著增加,结构发生改变,这种变化可引起土壤氨基酸、糖类有机营养物质含量增加,促进土壤中的矿物质和有机胶体很好地结合在一起,提高土壤的团粒结构,促进土壤团粒结构的形成,提高保水保肥的综合利用能力。同时微生物菌剂中作为重要成员的解钾菌<sup>[26]</sup>、解磷菌<sup>[27]</sup>,可有效提高土壤的养分利用率。因此,与 T1 处理相比,T2 处理明显改善土壤理化性状及生物学性状,优化了土壤微生态环境,明显促进了百合生长。

综上所述,T2 处理(磷酸二氢钾 + 生根粉 + 特 8<sup>TM</sup> 微生物菌剂的配方)对兰州百合生长的促进作用最为明显,T1 处理(磷酸二氢钾 0.33 g/L + 生根粉 1.67 g/L + 多菌灵 0.33 g/L + 阿维菌素 0.20 g/L 浸种)次之。T2 处理兰州百合植株的生长效果最好,浸种处理增加了土壤通气透水能力,增加了土壤中速效钾、速效磷、碱解氮的含量,提高了土壤的孔隙度和含水量,降低了土壤容重和土壤 pH 值,同时也增加了土壤中各种酶的活性,优化了兰州百合根际土壤的微生态环境,促进百合生长。尽管 T2 处理配方优于 T1 处理配方,但是,由于商品化的微生物菌剂成分及质量存在一定差异,因此在使用过程中应重视对微生物菌剂的选择,本研究中选择特 8<sup>TM</sup> 微生物菌剂即可达到较好的处理效果;另一方面,在无法获得有效微生物菌剂产品的情况下,利用 T1 处理配方进行种子处理也是一种行之有效的方法。

#### 参考文献:

- [1] 黄彦玮,师桂英,李谋强,等. 外源 GA<sub>3</sub>、ABA 对低温冷藏兰州百合种球萌发的促抑效应及种球碳水化合物变化研究[J]. 甘肃农业大学学报,2016,51(1):55-61.
- [2] 马君义,赵小亮,张继,等. 兰州百合的研究进展[J]. 塔里木大学学报,2005,17(4):53-56,76.
- [3] 周清泉. 兰州百合产业发展现状及对策[J]. 甘肃农业科技,2016(1):64-66.
- [4] Li X Y, Cheng J Y, Zhang J, et al. Validation of reference genes for accurate normalization of gene expression in *Lilium davidii* var. *unicolor* for real time quantitative PCR[J]. PLoS One, 2015, 10(10):e0141323.
- [5] 赵国锦. 蔬菜种子浸种消毒防病法[J]. 农村实用科技信息,

- 1998(12):9.
- [6] 杨迎东,白一光,胡新颖,等. 百合种球消毒安全配方筛选试验[J]. 辽宁农业科学,2017(4):34-38.
- [7] 李诚. 百合鳞茎带菌及种球消毒试验[J]. 植物保护,1994,20(4):24-25.
- [8] 杨迎东,王伟东,白一光,等. 百合种球消毒害虫灭杀试验[J]. 北方园艺,2017(5):109-113.
- [9] 夏丽华,张春玉. 磁场处理对番茄种子活力及苗期长势的影响[J]. 东北师大学报(自然科学版),1999,31(3):66-69.
- [10] 弭晓菊,马跃,郭桂云. 磁场处理番茄种子对其生理生化影响的研究[J]. 植物研究,1999,19(1):68-74.
- [11] 张立彭,师桂英,史贵红,等. 土壤熏蒸-微生物菌剂联用缓解兰州百合(*Lilium davidii* var. *unicolor*)连作障碍研究[J]. 中国沙漠,2020,40(5):169-179.
- [12] 孙鸿强. 连作对兰州百合生理特性及土壤环境效应的影响[D]. 兰州:甘肃农业大学,2017.
- [13] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3 版. 北京:中国农业出版社,2000.
- [14] 林先贵. 土壤微生物研究原理与方法[M]. 北京:高等教育出版社,2010.
- [15] 邹琦. 植物生理学实验指导[M]. 北京:中国农业出版社,2000.
- [16] 武春成,王彩云,曹霞,等. 不同用量生物炭对连作土壤改良及黄瓜生长的影响[J]. 北方园艺,2017(19):150-154.
- [17] 张晓娜. 不同封育措施对希拉穆仁荒漠草原植被与土壤的影响[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学,2018.
- [18] 孟兆江,段爱旺,王晓森,等. 调亏灌溉对棉花根冠生长关系的影响[J]. 农业机械学报,2016,47(4):99-104.
- [19] Mari G R, Changying J, Jun Z. Effects of soil compaction on soil physical properties and nitrogen, phosphorus, potassium uptake in wheat plants[J]. Transactions of the CSAE,2008,24(1):74-79.
- [20] Li C G, Li X M, Kong W D, et al. Effect of monoculture soybean on soil microbial community in the Northeast China[J]. Plant and Soil,2010,330(1/2):423-433.
- [21] 郑良永,胡剑非,林昌华,等. 作物连作障碍的产生及防治[J]. 热带农业科学,2005,25(2):58-62.
- [22] 冯渊圆,徐筱芃,陆海鹰,等. 苏北沿海不同杨树-农作物生态系统下的土壤质量与作物生长生理动态变化[J]. 江苏农业科学,2021,49(17):193-201.
- [23] 范昆,王开运,王东,等. 1,3-二氯丙烯药剂对土壤微生物数量和酶活性的影响[J]. 生态学报,2008,28(2):695-701.
- [24] 陈宗泽,殷勤燕,王旭明,等. 土壤病原菌对连作大豆的致病性初探[J]. 吉林农业大学学报,1999,21(1):29-32.
- [25] 贺丽娜,梁银丽,高静,等. 连作对设施黄瓜产量和品质及土壤酶活性的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2008,36(5):155-159.
- [26] Richardson A E, Barea J M, McNeill A M, et al. Acquisition of phosphorus and nitrogen in the rhizosphere and plant growth promotion by microorganisms[J]. Plant and Soil,2009,321(1/2):305-339.
- [27] Bagyalakshmi B. Influence of potassium solubilizing bacteria on crop productivity and quality of tea (*Camellia sinensis*) [J]. African Journal of Agricultural Research,2012,7(30):1308-1311.