

张鑫,胡希好,胡志明,等.施用海藻肥和大豆海藻肥对烤烟生长与土壤微生物的影响[J].江苏农业科学,2023,51(3):81-88.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2023.03.012

# 施用海藻肥和大豆海藻肥对烤烟生长与土壤微生物的影响

张鑫<sup>1</sup>,胡希好<sup>2</sup>,胡志明<sup>3</sup>,刘浩<sup>4</sup>,王越茂<sup>5</sup>,赵福彬<sup>2</sup>,程昌新<sup>4</sup>,李贵忠<sup>4</sup>,褚德朋<sup>1</sup>,  
尹绍静<sup>1</sup>,程亚东<sup>1</sup>,尤祥伟<sup>1</sup>,李义强<sup>1</sup>

[1. 中国农业科学院烟草研究所,山东青岛 266101; 2. 山东青岛烟草有限公司,山东青岛 266101;  
3. 云南省烟草公司保山市公司,云南保山 6780992; 4. 红云红河烟草(集团)有限责任公司,云南昆明 650202;  
5. 中国烟草云南进出口有限公司,云南昆明 650031]

**摘要:**为明确海藻肥和大豆海藻肥对烤烟生长的影响,并揭示其土壤微生物响应。以烤烟品种中烟 100 为试验材料,采用田间小区随机区组试验,通过对比不同海藻有机肥与普通有机肥对植烟土壤主要化学性质、土壤微生物以及烟株生长发育状况的影响,明确不同海藻有机肥促进烤烟生长发育的土壤微生物响应。与对照相比,海藻肥和大豆海藻肥的施用促进了团棵期和旺长期烟草植株的生长发育,同时对土壤养分含量也有积极的影响;通过对比各处理 16 S V3 ~ V4 区域扩增子测序可知,2 种有机肥的施入均改变了土壤微生物区系结构,增加了 *Sphingomonas*、*Acidibacter* 等有益细菌的相对丰度。研究表明,海藻有机肥可通过有效改善植烟土壤理化性状及养分,影响土壤微生物群落结构与多样性来促进烟株生长发育。

**关键词:**海藻肥;大豆海藻肥;烤烟生长发育;土壤微生物

**中图分类号:** S572.06 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2023)03-0081-07

多年来,由于施肥模式、种植制度及栽培方式等不尽合理,导致我国烟叶质量整体下降<sup>[1]</sup>。发展有机肥料,因地制宜开发和施用有机肥,促进烟叶产量质量的提高是目前被普遍采纳的有机农业生产模式<sup>[2]</sup>。长期施用有机肥可以调节土壤微生态、提高土壤微生物整体代谢活性、增加土壤微生物多样性和功能多样性,进而提高土壤的生态功能,对促进烟株生长产生积极的影响<sup>[3-5]</sup>。

海藻有机肥作为一种天然的绿色有机肥料,含有大量的营养元素和氨基酸、多糖、甜菜碱、植物生长素等多种活性物质,不仅能提供植物生长发育的必需营养,还可提供植物生长调节剂,并且与普通化学肥料相比,海藻肥拥有安全无毒等优势<sup>[6-8]</sup>。杨锦等研究发现,海藻有机肥的施用能够显著促进

根系生长,提高土壤酶活性、土壤微生物活性和作物抗逆性,从而有效提高作物产量和品质<sup>[9-10]</sup>。利用海藻有机肥是绿色农业生产需要,在烟草上亟需推广,但目前缺乏相关研究,而且由于我国缺乏完善的肥料效果评价体系,目前市面所售应用于烟草的有机肥质量参差不齐,肥料效果差别很大,因此开发筛选优质高效海藻有机肥对促进烟草生长发育具有重要意义。

本试验以烤烟品种中烟 100 为材料,通过田间小区试验,研究不同施用量的海藻肥和大豆海藻肥对烟株生长发育的影响,从土壤养分有效性以及土壤微生物群落结构的角度,探索不同有机肥在促进烟株生长发育方面的作用。对开发绿色高效的烟草海藻有机肥,实现烟草行业绿色防控、肥料减量、烟田土壤绿色高效保育模式的现实需求具有重要意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地点与材料

试验于 2019 年 4 月在山东省青岛市黄岛区六旺镇(35°57'16"N,119°44'18"E)进行。该地土壤类型为棕壤,pH 值 4.18,有机质含量 15.94 g/kg,铵态

收稿日期:2022-03-06

基金项目:青岛市烟草公司科技项目(编号:QDYC2021-11);云南省烟草公司科技项目(编号:2020530000242022)。

作者简介:张鑫(1997—),男,山东淄博人,硕士研究生,主要从事植物病害检疫与防治研究。E-mail:Z17863997311@163.com。

通信作者:胡志明,博士,农艺师,主要从事烟草栽培与生理研究, E-mail:89380772@qq.com;李义强,博士,研究员,主要从事滩涂海洋生物资源保护利用研究, E-mail:liyiqiang@caas.cn。

氮含量 0.018 7 g/kg, 硝态氮含量 0.030 9 g/kg, 速效钾含量 276.60 mg/kg, 速效磷含量 28.88 mg/kg。供试品种为当地主栽烤烟品种中烟 100。试验所用烟草专用肥(N 含量 $\geq 10\%$ ,  $K_2O$  含量 $\geq 20\%$ ,  $P_2O_5$  含量 $\geq 10\%$ ) 450 kg/hm<sup>2</sup>、硫酸钾含量 225 kg/hm<sup>2</sup> 统一按照当地烟草公司标准执行。市售普通有机肥含量(N +  $P_2O_5$  +  $K_2O$  $\geq 6\%$ , 有机质含量 $\geq 45\%$ ; 主要原料为有机质、有机钙、有益菌)于当地农资公司购买;海藻肥为青岛海大生物集团有限公司提供的海状元有机肥(N +  $P_2O_5$  +  $K_2O$  含量 $\geq 6\%$ , 有机质含量 $\geq 45\%$ ; 主要原料为有机质、海洋生物钙粉、海洋有益菌、海藻提取物);大豆海藻肥为青岛农特生物科技有限公司提供的烟大帅有机肥(N +  $P_2O_5$  +  $K_2O$  含量 $\geq 5\%$ , 有机质含量 $\geq 65\%$ ; 主要原料为有机质、发酵大豆和海藻废弃物、海洋有益菌)。

1.2 试验设计

海藻肥(SF)、大豆海藻肥(SSF)分别与烟草专用肥混合,条施后起垄,垄高 30 cm,垄体饱满。试验采用单因素随机区组设计,共设置 8 个处理(表 1),每个处理重复 3 次,每个小区种植 50 株,行距 120 cm,株距 50 cm,四周设保护行。于 2019 年 4 月移栽大田试验烟苗。试验过程中严格按照当地优质烟生产技术规范执行。

表 1 试验处理

处理	肥料用量(kg/hm <sup>2</sup> )		
	海藻肥	大豆海藻肥	普通有机肥
CK	0	0	0
CK <sub>0</sub>	0	0	450
SF <sub>300</sub>	300	0	0
SF <sub>450</sub>	450	0	0
SF <sub>600</sub>	600	0	0
SSF <sub>300</sub>	0	300	0
SSF <sub>450</sub>	0	450	0
SSF <sub>600</sub>	0	600	0

1.3 测定项目及方法

1.3.1 农艺性状调查 于团棵期每个小区选取 3 株代表性烟株,沿茎基部切开,洗净并擦干表面水分后立即测量烟株地下部分和地上部分鲜质量<sup>[11]</sup>,随后置于烘箱 105 ℃杀青 30 min,65 ℃烘干至恒质量;于旺长期每个小区选取 5 株代表性烟株,根据 YC/T 142—2010《烟草农艺性状调查测量方法》标准测定农艺性状。

1.3.2 土壤样品采集及测定 于移栽后 60 d 采用

5 点取样法采集 450 kg/hm<sup>2</sup> 用量海藻肥和大豆海藻肥处理土样,采用抖根法采集 450 kg/hm<sup>2</sup> 用量海藻肥和大豆海藻肥处理根际土和非根际土,采集后混合均匀<sup>[12]</sup>。将采集后的土样分别等量混合后分为 2 个部分,其中一部分置于 -80 ℃超低温冰箱中用于土壤微生物的测定,另一部分自然风干后过 0.25 mm 筛,测定土壤样品的理化性质<sup>[13]</sup>。

1.3.3 烟叶样品采集及测定 根据王新月等的方法<sup>[14]</sup>,检测杀青样烟叶元素含量。于移栽后 60 d (旺长期),每小区选取 5 株代表性烟株,采集相同部位 2 张烟叶,于 105 ℃烘箱杀青 30 min 后于 65 ℃烘干至恒质量,用粉碎机粉碎后过 20 目筛,用于烟叶元素含量的测定。

1.3.4 高通量测序分析微生物群落 采用 DNeasy® PowerSoil® Kit (100) 试剂盒提取 DNA,随后进行 PCR 扩增产物检测<sup>[12]</sup>。由北京诺禾致源科技股份有限公司构建高通量测序文库和完成基于 Illumina MiSeq 平台的测序<sup>[13]</sup>。

1.4 数据处理与统计分析

运用 FLASH 软件对 Reads 进行拼接。使用 Uparse 软件在相似性为 97% 的水平下对优质序列进行 OTU 聚类。对比 silva 数据库(细菌)以对 OTU 序列进行物种注释及丰度分析。采用 Microsoft Excel 2019 软件对数据进行处理和绘图,采用 SPSS 26.0 统计分析软件对数据进行差异显著性检验(Duncan's 新复极差法,α=0.05)。

2 结果与分析

2.1 不同有机肥处理对烟株生长的影响

不同用量 SF 和 SSF 的施用对烟株团棵期地上部分和地下部分的鲜质量均产生了影响(表 2)。SF<sub>300</sub>处理团棵期地下部鲜质量和地上部鲜质量较 CK 均大幅度提高,但与 CK<sub>0</sub> 无显著差异;SF<sub>450</sub>处理团棵期地上部鲜质量和 SF<sub>600</sub>处理团棵期地下部鲜质量分别较 CK 大幅度提高;SSF<sub>300</sub>、SSF<sub>600</sub>处理团棵期地下部鲜质量均与 CK 差异显著,较 CK 分别提高 101.35%、83.86%。结果表明,施用 2 种有机肥可不同程度地影响团棵期烤烟地下部、地上部鲜质量。

2 种海藻有机肥对烟株的生长发育均具有较好的促进作用,但各农艺性状指标对不同添加量的 2 种海藻有机肥的响应各异(表 3)。与 CK 相比,SF 各处理均可影响烟株的农艺性状,其中 SF<sub>450</sub>处理促

表 2 不同有机肥处理条件下团棵期烟株地下部与地上部鲜质量比较

处理	鲜质量(g/株)	
	地下部	地上部
CK	2. 23 ± 0. 48b	41. 58 ± 4. 20b
CK <sub>0</sub>	3. 34 ± 0. 23ab	58. 24 ± 5. 91ab
SF <sub>300</sub>	4. 50 ± 0. 65a	70. 04 ± 12. 01a
SF <sub>450</sub>	3. 16 ± 0. 26ab	69. 48 ± 12. 20a
SF <sub>600</sub>	4. 70 ± 0. 67a	56. 31 ± 3. 66ab
SSF <sub>300</sub>	4. 49 ± 0. 37a	50. 70 ± 4. 25ab
SSF <sub>450</sub>	3. 67 ± 0. 05ab	55. 26 ± 3. 67ab
SSF <sub>600</sub>	4. 10 ± 0. 40a	56. 12 ± 1. 59ab

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 3 至表 5 同。

表 3 不同有机肥处理条件下旺长期烟株农艺性状比较

处理	株高 (cm)	茎围 (cm)	有效叶数 (张/株)	最大叶长 (cm)	最大叶宽 (cm)	节距 (cm)	最大叶面积 (cm <sup>2</sup> /株)
CK	81. 60 ± 2. 54d	8. 70 ± 0. 21c	19. 90 ± 0. 69c	45. 50 ± 1. 04e	26. 60 ± 1. 13c	4. 12 ± 0. 11f	771. 17 ± 43. 03bc
CK <sub>0</sub>	132. 90 ± 2. 15a	9. 60 ± 0. 22b	23. 00 ± 0. 61b	54. 90 ± 1. 80abc	34. 20 ± 0. 87ab	5. 80 ± 0. 13bc	1 197. 43 ± 57. 67a
SF <sub>300</sub>	116. 60 ± 2. 43b	8. 90 ± 0. 31c	18. 10 ± 0. 91cd	46. 90 ± 2. 30de	22. 40 ± 1. 19d	6. 58 ± 0. 32a	678. 09 ± 66. 18c
SF <sub>450</sub>	136. 60 ± 2. 42a	9. 65 ± 0. 15ab	26. 00 ± 0. 70a	56. 30 ± 1. 22ab	36. 00 ± 0. 70a	5. 27 ± 0. 11de	1 288. 67 ± 46. 25a
SF <sub>600</sub>	84. 20 ± 1. 71d	9. 65 ± 0. 15ab	17. 60 ± 0. 73d	52. 20 ± 1. 40bc	28. 05 ± 0. 82c	4. 84 ± 0. 17e	927. 39 ± 32. 29b
SSF <sub>300</sub>	103. 30 ± 3. 90c	10. 25 ± 0. 13a	19. 00 ± 0. 70cd	50. 70 ± 1. 62cd	27. 40 ± 1. 05c	5. 44 ± 0. 09cd	884. 62 ± 49. 83b
SSF <sub>450</sub>	138. 00 ± 2. 40a	9. 70 ± 0. 30ab	24. 70 ± 0. 90ab	54. 20 ± 1. 70bc	31. 90 ± 1. 86b	5. 63 ± 0. 17bcd	1 110. 76 ± 90. 04a
SSF <sub>600</sub>	120. 40 ± 2. 41b	9. 85 ± 0. 08ab	20. 20 ± 0. 33c	59. 20 ± 1. 70a	33. 00 ± 0. 93ab	5. 97 ± 0. 13b	1 239. 69 ± 48. 95a

表 4 不同有机肥处理旺长期土壤化学性状比较

处理	pH 值	有机质含量 (g/ kg)	速效磷含量 (mg/kg)	速效钾含量 (mg/kg)	铵态氮含量 (g/kg)	硝态氮含量 (g/kg)
CK	4. 65 ± 0. 02a	14. 75 ± 0. 59a	31. 68 ± 1. 21a	85. 53 ± 2. 45b	0. 015 4 ± 0. 001 3a	0. 003 7 ± 0. 000 1b
CK <sub>0</sub>	4. 58 ± 0. 05a	16. 54 ± 0. 32a	36. 13 ± 3. 34a	158. 87 ± 54. 12ab	0. 007 4 ± 0. 000 3c	0. 002 5 ± 0. 000 3c
SF <sub>450</sub>	4. 66 ± 0. 09a	6. 86 ± 0. 74b	31. 68 ± 2. 02a	242. 23 ± 11. 58a	0. 008 9 ± 0. 000 5c	0. 004 1 ± 0. 000 5b
SSF <sub>450</sub>	4. 59 ± 0. 05a	8. 61 ± 0. 35b	36. 22 ± 2. 74a	219. 69 ± 4. 56a	0. 012 2 ± 0. 000 3b	0. 009 5 ± 0. 000 5a
N - CK	4. 35 ± 0. 06a	15. 81 ± 0. 69ab	33. 51 ± 0. 49c	150. 04 ± 10. 23b	0. 009 1 ± 0. 001 5b	0. 007 6 ± 0. 000 4c
N - CK <sub>0</sub>	4. 20 ± 0. 04ab	13. 15 ± 1. 45b	38. 00 ± 1. 06b	195. 84 ± 49. 71ab	0. 012 2 ± 0. 001 4ab	0. 028 9 ± 0. 006 1a
N - SF <sub>450</sub>	4. 49 ± 0. 10a	15. 17 ± 0. 12ab	34. 16 ± 0. 85c	213. 41 ± 0. 94ab	0. 010 9 ± 0. 000 1b	0. 013 8 ± 0. 001 2bc
N - SSF <sub>450</sub>	4. 29 ± 0. 08a	17. 01 ± 1. 15a	47. 64 ± 0. 56a	262. 75 ± 9. 36a	0. 018 1 ± 0. 002 5a	0. 024 5 ± 0. 001 1ab

注:表中 N - 代表非根际土壤。

量较 CK、CK<sub>0</sub> 分别提高 156. 76%、280. 00%。非根际土壤中各处理 pH 值较 N - CK、N - CK<sub>0</sub> 无显著差异;N - SSF<sub>450</sub> 处理与 N - CK 相比,土壤速效磷含量、土壤速效钾含量、土壤铵态氮含量、土壤硝态氮含量均显著提高;而 N - SF<sub>450</sub> 处理与 N - CK 和 N - CK<sub>0</sub> 相比无显著提高趋势。SF、SSF 的施用有效改善了土壤养分。

进效果最佳。SF<sub>450</sub> 处理与 CK 相比,农艺性状各项指标均有较大提高。SSF 的施用对烟株长势整体改善更为可观,其中 SSF<sub>450</sub>、SSF<sub>600</sub> 处理提升效果最为显著,各项指标较 CK 均大幅度提高。表明中用量海藻肥、中用量和高用量大豆海藻肥促进烟株生长的效果较好。

2.2 不同有机肥处理对土壤化学性质的影响

2 种有机肥施入烟田后,烟田的土壤化学性质见表 4。根际土壤中各处理 pH 值和土壤速效磷含量较 CK 和 CK<sub>0</sub> 均无显著差异;土壤速效钾含量 SF<sub>450</sub>、SSF<sub>450</sub> 处理较 CK 显著提高;而 SSF<sub>450</sub> 处理的土壤铵态氮含量较 CK<sub>0</sub> 提高 64. 86%,土壤硝态氮含

2.3 不同有机肥处理对烟叶元素含量的影响

旺长期阶段,施用不同用量的 2 种有机肥能在不同程度上影响烟叶元素含量(表 5)。与 CK 相比,SF<sub>300</sub>、SSF<sub>300</sub> 处理烟叶全氮含量均无显著差异,但烟叶全钾含量显著降低;而 SF<sub>450</sub>、SF<sub>600</sub>、SSF<sub>450</sub>、SSF<sub>600</sub> 处理烟叶全氮含量均显著降低,但烟叶全钾含量均无显著差异;各处理烟叶全磷含量与 CK 均无

表 5 不同有机肥处理旺长期烟叶元素含量比较

处理	烟叶元素含量(%)		
	全氮	全钾	全磷
CK	2.14 ± 0.17a	1.02 ± 0.07a	0.19 ± 0.02ab
CK <sub>0</sub>	1.10 ± 0.08b	0.64 ± 0.14bc	0.28 ± 0.01a
SF <sub>300</sub>	2.03 ± 0.32a	0.47 ± 0.07c	0.25 ± 0.06a
SF <sub>450</sub>	1.18 ± 0.11b	0.82 ± 0.08abc	0.06 ± 0.03b
SF <sub>600</sub>	0.74 ± 0.12b	1.03 ± 0.14a	0.13 ± 0.04ab
SSF <sub>300</sub>	2.11 ± 0.26a	0.62 ± 0.11bc	0.18 ± 0.02ab
SSF <sub>450</sub>	1.40 ± 0.15b	0.67 ± 0.12abc	0.17 ± 0.05ab
SSF <sub>600</sub>	1.11 ± 0.24b	0.97 ± 0.10ab	0.21 ± 0.08ab

显著差异。

2.4 不同处理对微生物多样性和结构的影响

本研究采用基于 Bray - Curtis 距离的主成分分析(PCA)比较了不同肥料处理条件下根际土壤(图 1 - a)和非根际土壤(图 1 - b)的细菌群落变化情

况。从图 1 - a 中可以看出 SSF<sub>450</sub> 处理形成了远离其他处理的明显聚类,表明 SSF 的施用较大程度地改变了烟株根际土壤的细菌群落结构,而 SF<sub>450</sub> 处理和 CK<sub>0</sub> 对烟株根际土壤的细菌群落结构影响较小。图 1 - b 是非根际土壤细菌属水平上的 PCA,SSF<sub>450</sub> 和 SSF<sub>450</sub> 处理均与 CK 和 CK<sub>0</sub> 差异明显,且 SSF<sub>450</sub> 处理差异最大;说明 2 种有机肥的施用均改变了烟株非根际土壤的细菌群落结构,且 SSF<sub>450</sub> 处理对烟株根际和非根际土壤细菌群落结构的影响更大。

不同试验处理根际与非根际土壤微生物属水平群落组成及相对丰度前 10 位物种如图 2 所示。从图 2 可以看出,根际土壤和非根际土壤中不同细菌属数量,其中 *Acidibacter*、*Bryobacter* 以及 *Sphingomonas* 属于根际土壤和非根际土壤的优势菌群。与 CK 相比,SF 组中 *Acidibacter*、*Sphingomonas* 相对丰度升高,而在 SSF<sub>450</sub> 组中这 3 菌群相对丰度均升高;而与 CK<sub>0</sub> 相比,在 SF<sub>450</sub> 组中 *Sphingomonas*

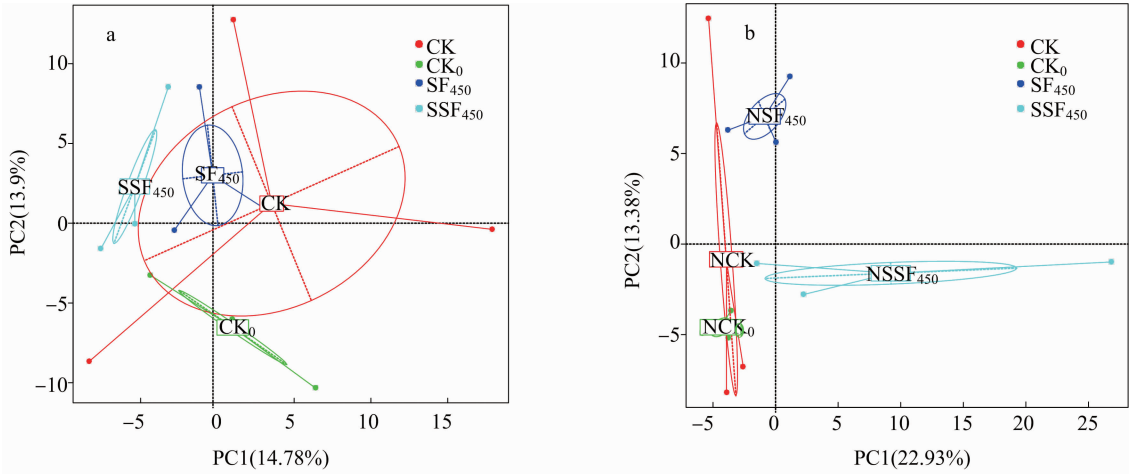
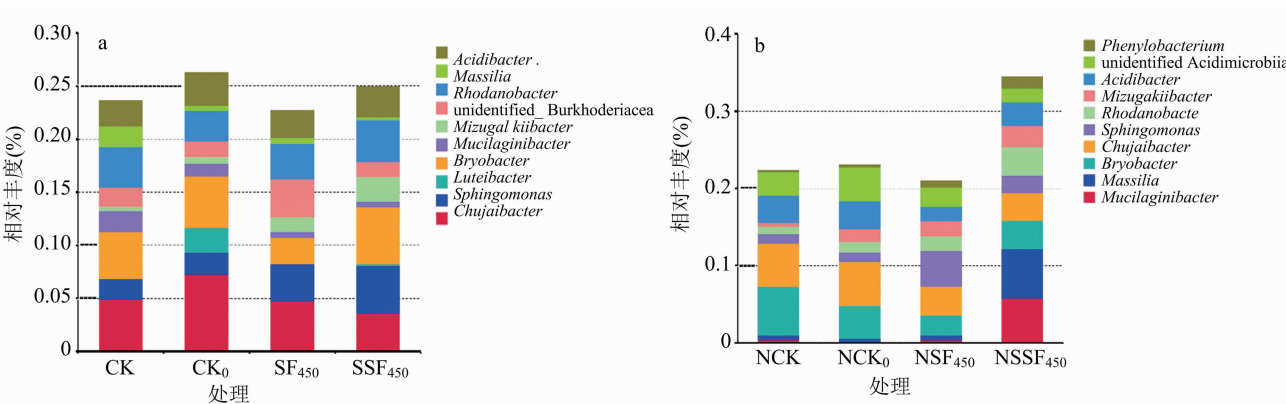


图1 不同试验处理根际(a)和非根际(b)土壤细菌群落主成分分析



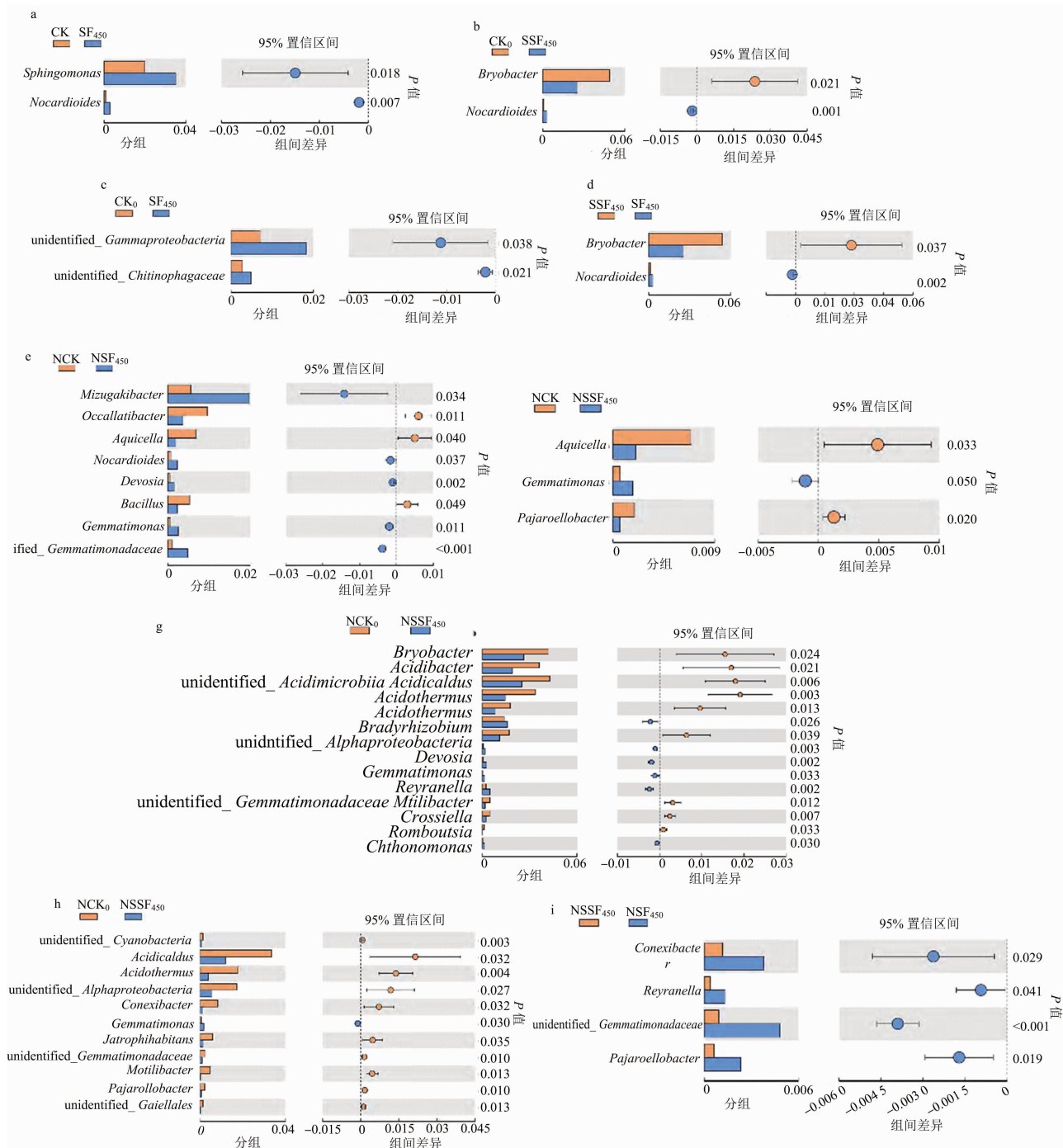
*Acidibacter*—嗜酸杆菌属; *Massilia*—马赛菌属; *Rhodanobacter*—罗河杆菌属; *Mucilagibacter*—黏液杆菌属; *Bryobacter*—苔藓杆菌属; *Luteibacter*—藤黄色杆菌属; *Sphingomonas*—鞘氨醇单胞菌属; *Chujabacter*—楸子岛杆菌属; *Phenyllobacterium*—苯基杆菌属; *Mizugakiibacter*—瑞墙湖杆菌属。下同。

图2 不同试验处理根际(a)与非根际(b)土壤微生物属水平的群落组成及相对丰度

相对丰度升高,在  $SSF_{450}$  组中 *Bryobacter*、*Sphingomonas* 相对丰度升高;非根际土壤中,同 NCK 和  $NCK_0$  相比较,*Acidibacter*、*Sphingomonas* 在  $NSF_{450}$  组和  $NSSF_{450}$  组中相对丰度均显著升高。

各处理组之间根际土壤和非根际土壤组间差

异物种见图 3。根际土壤中  $SF_{450}$  处理均与 CK 和  $CK_0$  在 *Nocardioides* 中差异显著,且  $SF_{450}$  处理在该属中的相对丰度均高于 CK 和  $CK_0$ ,而  $SSF_{450}$  处理在 *Bryobacter* 中显著高于  $SF_{450}$  处理,在 *Nocardioides* 中与之相反;非根际土壤中  $NSF_{450}$ 、 $NSSF_{450}$  处理在



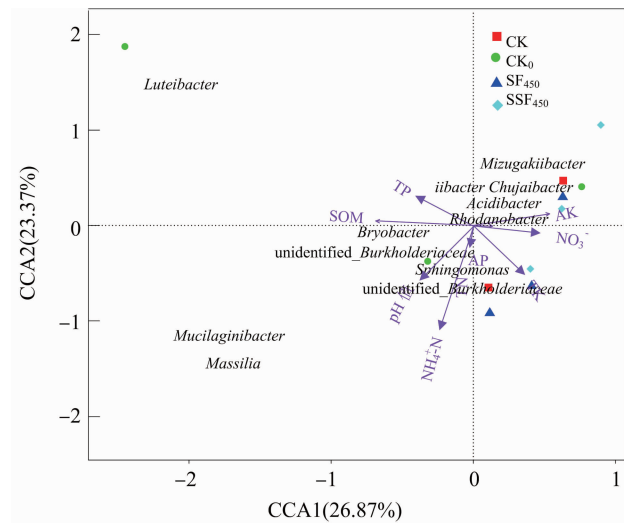
*Nocardioides*—类诺卡氏菌属; *Occallatibacter*—厚被膜杆菌属; *Aquicella*—水胞菌属; *Devosia*—德沃斯氏菌属; *Bacillus*—芽孢杆菌属; *Gemmatimonas*—出芽单胞菌属; *Acidithiobacillus*—嗜中温需酸菌属; *Acidothermus*—酸栖热菌属; *Bradyrhizobium*—慢生根瘤菌属; *Reyranella*—莱朗杆菌属; *Crossiella*—克洛斯氏菌属; *Romboutsia*—龙包茨氏菌属; *Chthonomonas*—土地单胞菌属; *Conexibacter*—束缚菌属; *Jatrophihabitans*—居麻疯树菌属; *Motilicoccus*—运动杆菌属。下同

a、b、c、d 为根际土壤微生物组间差异物种; e、f、g、h、i 为非根际土壤微生物组间差异物种。若组间无显著差异,则无图 ( $P \leq 0.05$ )

图3 不同有机肥处理根际与非根际土壤微生物属水平组间差异物种

*Gemmatimonas* 中均显著高于 NCK 和 NCK<sub>0</sub>, 且 NSF<sub>450</sub> 处理在 *Nocardiodides*、*Mizugakiibacter* 中显著高于 NCK, 在 *Bradyrhizobium*、*Chthonomonas* 中显著高于 NCK<sub>0</sub>, NSF<sub>450</sub> 与 NSSF<sub>450</sub> 处理在 *Conexibacter*、*Nocardiodides* 中差异显著, 且 NSF<sub>450</sub> 在 3 属中的相对丰度均显著高于 NSSF<sub>450</sub> 处理。

本研究采用冗余分析(RDA)进一步分析根际土壤(图 4-a)和非根际土壤(图 4-b)理化性质与微生物群落结构之间的关系。SOM、AK 和 NH<sub>4</sub><sup>+</sup> - N



对土壤微生物群落变化的贡献最大。根际土壤中 SOM 对 *Massilia* 和 *Bryobacter* 有正相关作用, 对 *Acidibacter*、*Sphingomonas* 和 *Mizugakiibacter* 有负相关作用; AK 对其的影响与 SOM 相反; 而 NH<sub>4</sub><sup>+</sup> - N 对 *Sphingomonas* 和 *Massilia* 有正相关作用, 对 *Acidibacter*、*Bryobacter* 和 *Mizugakiibacter* 有负相关作用。非根际土壤中 SOM、AK 和 NH<sub>4</sub><sup>+</sup> - N 三者均对 *Massilia* 和 *Sphingomonas* 和 *Mizugakiibacter* 有正相关作用, 对 *Acidibacter* 和 *Bryobacter* 有负相关作用。

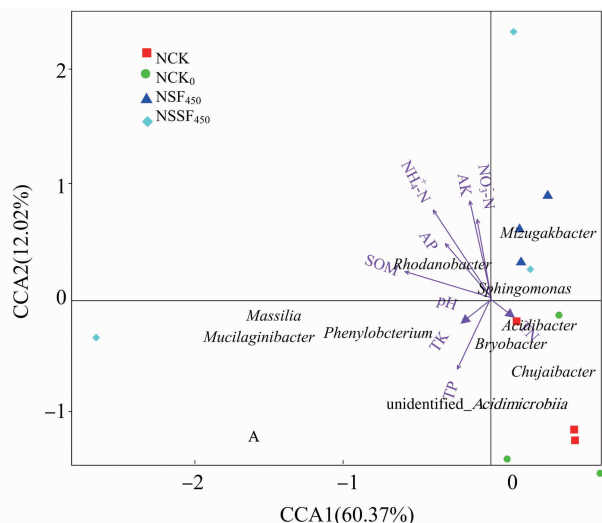


图4 不同试验处理根际(a)和非根际(b)土壤理化性质与土壤微生物的冗余分析

### 3 讨论与结论

施用有机肥既可以为烟叶生产提供所需营养, 提高烟叶产量和改善烟叶品质, 还可以显著改善土壤理化性质, 同时使土壤肥力得到提高<sup>[15]</sup>。研究结果表明, 2 种海藻有机肥的施用明显改善了烟株的生长状况, 团棵期地下部鲜质量和地上部鲜质量较 CK 相比均提高, 且有机肥的施用使旺长期烟株农艺性状与 CK 相比均大幅度增加。这与张蕊等的研究结果<sup>[15]</sup>一致, 施用海藻有机肥可以通过多种机制的协同效应, 大大改善土壤质量, 诱导根系产生多胺和植物激素类物质, 促进烟草根系和植株的生长发育。本试验结果显示, 与 CK 相比, 海藻肥和大豆海藻肥的施用对土壤养分含量进行了有效改善, 尤其是大豆海藻肥的施用使土壤速效钾、硝态氮等含量得到较大提高。何浩等发现, 商品有机肥的施用使土壤有机质含量、速效磷含量、碱解氮含量均有显著提高, 说明施用有机肥能改善土壤理化特性和养分供应<sup>[16-17]</sup>。氮、磷、钾元素直接参与植物的新

陈代谢, 与植物的生长关系密切<sup>[5]</sup>。本研究结果显示, 施用中、高用量海藻肥和大豆海藻肥后, 烟叶全氮含量较 CK 显著降低, 但烟叶全钾、全磷含量与 CK 无显著差异, 可能因为此阶段烤烟由氮代谢转入碳代谢<sup>[18]</sup>, 有关有机肥对烟叶养分吸收影响的机制还需要进一步研究阐明。

土壤微生物的群落组成及多样性是反映土壤微生物群落生态功能的重要指标<sup>[4]</sup>。海藻肥和大豆海藻肥施用后根际土壤和非根际土壤在属水平上的群落组成及相对丰度分别表现出不同的变化。这与张明宇等的研究结果<sup>[19]</sup>一致, 有机肥的施入可以影响土壤微生物区系结构, 还对微生物的群落多样性有所调节。Chen 等发现, 海藻有机肥的施入使土壤优势菌群的相对丰度产生了有规律的变化, 对土壤微生物的多样性也有影响<sup>[20]</sup>。分析有机肥施用后根际土壤和非根际土壤在属水平上的群落组成及相对丰度, *Acidibacter*、*Sphingomonas* 和 *Bryobacter* 均属于根际土壤和非根际土壤的优势菌群。*Acidibacter* 和 *Bryobacter* 为酸杆菌门, Pramanik

等研究发现,酸杆菌门可以调节土壤 pH 值和参与腐殖质分解的碳循环过程,还能促进土壤硝化反应,增加土壤中可溶性氮的含量<sup>[21]</sup>。2 种有机肥处理的根际土壤和非根际土壤优势菌群 *Sphingomonas* 丰度较 CK 和 CK<sub>0</sub> 均增大。Krishna 等研究发现, *Sphingomonas* 属于氨氧化细菌,与土壤硝化作用、土壤氮循环及生物固氮作用关系密切<sup>[22]</sup>。Yan 等发现, *Sphingomonas* 可以促进根系生长,并在提升烟叶品质方面发挥重要作用<sup>[23]</sup>。2 种有机肥处理的根际土壤和非根际土壤中非优势菌群 *Massilia* 丰度与 CK 相比均有不同程度的增大。相关研究表明, *Massilia* 具有溶磷作用,能有效改善土壤养分<sup>[24]</sup>,在防治土传病害方面也具有重要作用<sup>[25]</sup>。分析各处理组之间根际土壤和非根际土壤组间的差异物种,有机肥的施用增加了土壤中有益菌群的相对丰度。相关研究表明, *Nocardiodides*、*Gemmatimonas* 对改善土壤环境起着积极作用<sup>[26-27]</sup>。 *Conexibacter* 和 *Bradyrhizobium* 具有生物固氮作用,可有效改善土壤养分<sup>[28-29]</sup>。 *Mizugakiibacter* 和 *Chthonomonas* 与防治作物土传病害关系密切<sup>[30-31]</sup>。

海藻肥和大豆海藻肥的施用可有效改善土壤理化性状及养分,影响土壤微生物群落结构及多样性,增加土壤中 *Sphingomonas*、*Acidibacter* 等有益细菌的相对丰度,从而促进了烟株在团棵期、旺长期的生长发育。综合分析,中、高用量的海藻肥和大豆海藻肥的施用效果较佳,可满足烟草生产的实际需求。

#### 参考文献:

- [1] 张皓华. 不同有机肥和化肥比例对烟叶产质量的影响[J]. 山东化工, 2021, 50(8): 115-117, 121.
- [2] 刘丽辉, 杨盼盼, 田俊岭, 等. 施用生物有机肥对烟草产量和品质的影响[J]. 广东农业科学, 2019, 46(11): 69-77.
- [3] 谷益安. 土壤细菌群落和根系分泌物影响番茄青枯病发生的生物学机制[D]. 南京: 南京农业大学, 2017: 35.
- [4] 贺文员, 宋清晖, 杨尚霖, 等. 生物有机肥对水稻土壤酶活性及微生物群落结构的影响[J]. 中国农学通报, 2019, 35(27): 106-113.
- [5] 张迎春. 生物有机肥部分替代化肥对莴笋生长生理、养分利用及土壤肥力的影响[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2019: 9.
- [6] 谭习羽, 程 雄, 黄淑芬, 等. 海藻肥在水稻上最新应用进展[J]. 农学学报, 2018, 8(10): 23-27.
- [7] 黄清梅, 肖植文, 管俊娇, 等. 海藻肥对玉米产量及农艺性状的影响[J]. 西南农业学报, 2015, 28(3): 1166-1170.
- [8] 吕小红. 海藻肥及其它影响因子降低蔬菜硝酸盐含量方法的研究[D]. 济南: 山东大学, 2014: 8.
- [9] 杨 锦, 尹媛红, 沈 宏. 海藻功能物质对菜心抗旱胁迫的影响[J]. 磷肥与复肥, 2019, 34(3): 34-42.
- [10] 姜 洁, 龚一富, 郭 蓉, 等. 海藻生物肥对草莓产量和品质的影响[J]. 核农学报, 2019, 33(5): 1032-1037.
- [11] 刘晓姣, 丁 伟, 李永平. 吡虫啉拌种对烟蚜防效及烟草生长的影响[J]. 中国烟草学报, 2014, 20(6): 113-118.
- [12] 褚德朋, 许永幸, 高 强, 等. 海藻多糖与有机物料对烟草青枯病的防控效果[J]. 中国烟草科学, 2020, 41(4): 58-65.
- [13] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [14] 王新月, 张 敏, 刘勇军, 等. 改土物料混用对酸性土壤 pH 和烤烟生长及物质积累的影响[J]. 核农学报, 2021, 35(11): 2626-2633.
- [15] 张 蕊, 王钰馨, 赵雪惠, 等. 海藻有机肥不同施用量对土壤肥力及‘肥城’桃品质的影响[J]. 植物生理学报, 2016, 52(12): 1819-1828.
- [16] 何 浩, 危常州, 李俊华, 等. 商品有机肥替代部分化肥对玉米生长、产量及土壤肥力的影响[J]. 新疆农业科学, 2019, 56(2): 325-332.
- [17] 唐 宇, 包慧芳, 詹发强, 等. 化肥减施条件下配施生物有机肥对番茄生长及品质的影响[J]. 新疆农业科学, 2019, 56(5): 841-854.
- [18] 彭华伟, 刘国顺, 吴学巧, 等. 生物有机肥对烤烟氮磷钾积累、吸收和含量的影响[J]. 中国烟草科学, 2008, 29(1): 25-29.
- [19] 张明宇, 刘高峰, 李小龙, 等. 施用生物有机肥对烟草根际土壤微生物区系的影响[J]. 河南农业大学学报, 2020, 54(2): 317-325.
- [20] Chen Y P, Li J Y, Huang Z B, et al. Impact of short-term application of seaweed fertilizer on bacterial diversity and community structure, soil nitrogen contents, and plant growth in maize rhizosphere soil[J]. Folia Microbiologica, 2020, 65(3): 591-603.
- [21] Pramanik K, Soren T, Mitra S, et al. In silico structural and functional analysis of *Mesorhizobium* ACC deaminase [J]. Computational Biology and Chemistry, 2017, 68: 12-21.
- [22] Krishna K C B, Sathasivan A, Ginige M P. Microbial community changes with decaying chloramine residuals in a lab-scale system[J]. Water Research, 2013, 47(13): 4666-4679.
- [23] Yan S, Zhao J, Ren T, et al. Correlation between soil microbial communities and tobacco aroma in the presence of different fertilizers[J]. Industrial Crops and Products, 2020, 151: 112454.
- [24] Zheng B X, Bi Q F, Hao X L, et al. *Massilia phosphatilytica* sp. nov., a phosphate solubilizing bacteria isolated from a long-term fertilized soil [J]. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology, 2017, 67(8): 2514-2519.
- [25] Feng G D, Yang S Z, Li H P, et al. *Massilia putida* sp. nov., a dimethyl disulfide-producing bacterium isolated from wolfram mine tailing[J]. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology, 2016, 66(1): 50-55.
- [26] 刘 杭. 黑土区典型作物轮作和连作对土壤微生物群落结构的影响[D]. 长春: 中国科学院东北地理与农业生态研究所, 2019: 43.
- [27] Li Y B, Zhang M M, Xu R, et al. Arsenic and antimony co-contamination influences on soil microbial community composition and functions; relevance to arsenic resistance and carbon, nitrogen,

牛小霞,陈娟,柳小宁,等. 40 份青稞种质资源农艺和品质性状的综合评价及评价指标筛选[J]. 江苏农业科学,2023,51(3):88-93.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2023.03.013

# 40 份青稞种质资源农艺和品质性状的综合评价及评价指标筛选

牛小霞,陈娟,柳小宁,包奇军,徐银萍

(甘肃省农业科学院经济作物与啤酒原料研究所,甘肃兰州 730070)

**摘要:**利用变异系数和 Shannon - Wiener 指数对 40 份青稞种质资源的 11 个农艺和 4 个品质性状进行分析。利用相关性、主成分分析和逐步回归等方法对青稞种质资源进行综合评价和评价指标筛选,以期对青稞种质创新和品种选育提供参考。结果表明,15 个性状变异系数的变化范围为 2.45% ~ 121.39%,瘦小粒比例、饱满粒比例、分蘖数、总穗粒质量、总穗粒数、穗长等 6 个性状的变异系数比较大,表明变异丰富;淀粉和水分含量的变异系数比较小,分别为 3.00% 和 2.45%;15 个性状遗传多样性指数变化范围为 1.269 ~ 1.975,均值 1.749;通过系统聚类,将参试的 40 份材料分为 4 个类群,其中第 I 类品质性状比较好,第 IV 类产量性状比较优异;利用主成分分析把 15 个表型性状划分为 8 个主要因素,累积贡献率为 87.34%;青稞的性状综合评价得分  $F$  值平均为 0.3964,排在前 3 位的分别是 QB13 (0.675 5)、甘垦 6 号(0.579 4)、000-6(0.572 6),排在最后 2 位的是 2013J/193(0.231 1)和 Hiprdy(0.227 9)。通过逐步回归分析得到株高、穗长、第二茎节长、总穗粒数、千粒质量、饱满粒比例、淀粉等 7 个表型性状,可以作为青稞种质表型综合评价的主要指标。

**关键词:**青稞;种质资源;农艺性状;品质性状;综合评价

**中图分类号:**S512.303.7 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2023)03-0088-06

青稞(*Hordeum vulgare* var. *nudum*),也称裸大麦,具有生育期短、耐寒、抗旱、抗逆性强、适应性广等特点,主要种植于青藏高原的西藏、青海、甘肃、四川、云南等高海拔地区,是藏族同胞的主要口粮<sup>[1]</sup>。青稞籽粒营养丰富,蛋白质和赖氨酸含量高,纤维素、维生素含量丰富,脂肪、糖含量低,青稞  $\beta$ -葡聚糖含量也相对较高,具有降血脂、降血糖、

降胆固醇等功效,可以预防糖尿病、心脑血管疾病,提高人体免疫力等多种营养保健功能。青稞高蛋白、高膳食纤维、低脂肪的营养组成十分符合现代人的饮食结构需求,因此青稞具有很高的科研价值和良好的产业化开发前景<sup>[2]</sup>。

青稞的市场消费需求增长迅速,提高青稞产量和品质仍是目前育种需要解决的关键问题<sup>[3]</sup>。而品种改良是实现增产的最有效途径之一<sup>[4]</sup>,优良品种的选育需要优异的种质资源<sup>[5]</sup>。对种质资源的研究,有利于合理选配亲本,减少育种盲目性。农艺和品质性状多为数量性状,易受环境因素的影响<sup>[6]</sup>。数量性状是作物长期进化和人为选择形成的结果,是内在基因型的外在表现形式,具有表现直观,与生产实际密切相关的遗传特性<sup>[7]</sup>。鉴定表型性状有利于了解种质资源的性状特点,是种质资

收稿日期:2022-03-02

基金项目:甘肃省青年科技基金计划(编号:20JR5RA101);甘肃省农业科学院农业科技创新专项(编号:2020GAAS37);甘肃省农业科学院科研条件建设及成果转化项目(重点研发计划)(编号:2021GAAS04);甘肃省农作物种质资源普查与收集项目(编号:GNKJ-2021-44)。

作者简介:牛小霞(1986—),女,甘肃会宁人,硕士,副研究员,从事大麦品种选育及作物栽培技术研究。E-mail:519077253@qq.com。

and sulfur cycling [J]. Environment International, 2021, 153:106522.

[28] Tu Q C, Zhou X S, He Z L, et al. The diversity and co-occurrence patterns of  $N_2$ -fixing communities in a  $CO_2$ -enriched grassland ecosystem[J]. Microbial Ecology, 2016, 71(3):604-615.

[29] 王鹏辉,姜昕,马鸣超,等. 一株耐干燥大豆根瘤菌菌株的筛选与固氮效果评价[J]. 大豆科学, 2020, 39(1):90-96.

[30] Castellano - Hinojosa A, Meyering B, Nuzzo A, et al. Effect of plant biostimulants on root and plant health and the rhizosphere microbiome of citrus trees in huanglongbing - endemic conditions [J]. Trees, 2021, 35(5):1525-1539.

[31] Shen Z Z, Ruan Y Z, Xue C, et al. Soils naturally suppressive to banana Fusarium wilt disease harbor unique bacterial communities [J]. Plant and Soil, 2015, 393(1/2):21-33.