

适宜冀中南地区栽培的灵芝优良菌株筛选

邢志伟, 朱优优, 郑素月, 苏蓓蓓, 柳焕章

(河北工程大学 农学院, 河北 邯郸 056038)

摘 要:以收集引进的 11 个不同灵芝菌株为试材, 比较了 11 个灵芝菌株的生物学效率、菌盖颜色和大小、菌柄长度和粗细等生物学特性, 以期冀中南地区筛选出综合性状优良的生产灵芝菌株。结果表明: 11 个供试菌株中, “日本赤灵芝”“川芝 4 号”芝片大、菌盖厚实, 生物转化率高; “美芝”抗杂性好, 潮次多, 出粉率高; “南韩 3 号”原基形成时间早, 出芝整齐, 出芝潮次较多, 芝片大小适中, 可用于制作盆景; 以上 4 个品种均为较适宜冀中南地区栽培的优良品种。

关键词:灵芝; 冀中南地区; 优良菌株; 筛选

中图分类号:S 567.3⁺1 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0009(2016)11-0145-03

灵芝是一种珍贵的药用真菌, 有极高的营养和保健价值, 在古代被人们称之为“仙草”^[1]。经各地临床试验证明, 灵芝不仅具有调节免疫力、抗癌、抑制肿瘤的作用^[2-3]。还具有益肺气、养胃健脾、降血脂等多种功效, 长期服用可以提高抗病能力, 促进新陈代谢, 增强体质^[4-6]。我国灵芝种类较多, 分布广泛^[7], 近年来, 灵芝生产迅速发展、种类大量增加, 栽培菌株混乱。为了使灵芝栽培者更加了解灵芝菌株的特性, 筛选出适宜冀中南地区栽培的优良品种, 该研究对 11 个不同来源的灵芝菌株在菌丝长速、生物学特性、子实体商品性状等方面进行了比较, 以期冀中南地区筛选出综合性状优良的生产灵芝菌株。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试菌株共 11 个, 见表 1 所示。母种培养基: 马铃薯(去皮)200 g、葡萄糖 20 g、磷酸二氢钾 2 g、硫酸镁 1 g、维生素 B₁ 2 片、琼脂 20 g、水 1 000 mL、pH 自然。原种培养基: 麦粒 98%、石膏 2%。出芝培养基配方: 棉籽壳 60%、木屑 20%、麦麸 18%、石膏 1%、糖 1%。

1.2 试验方法

采用代料栽培方式, 将不同灵芝品种置同一棚内进行行比试验, 随机区组设计, 重复 3 次, 每处理 50 个菌袋。

表 1 供试菌株

序号	菌株编号	菌株名称	菌株来源
1	Gd1	“日本赤灵芝”	北京吉草园
2	Gd2	“美芝”	山东冠县
3	Gd3	“盆景灵芝”	山东冠县
4	Gd4	“川芝 4 号”	山东冠县
5	Gd5	“泰山 1 号”	山东冠县
6	Gd6	“内蒙古野生灵芝”	内蒙古根河
7	Gd7	“韩芝”	肥乡
8	Gd8	“广西野生灵芝”	广西野生采集
9	Gd10	“泰山 3 号”	山东正大菌业
10	Gd11	“美国灵芝”	山东正大菌业
11	Gd13	“南韩 3 号”	山东正大菌业

1.3 项目测定

将菌种活化后, 用打孔器取菌丝尖端, 将菌块接种到 PDA 平板中, 放入 25 ℃ 恒温箱进行培养, 当菌丝萌发后, 每天观察菌丝生长状况, 记录菌丝的浓密情况及长满平板的时间。

按配方将原料按比例混合均匀(料: 水=1: 1.5), 加水拌匀后分装, 栽培袋为规格 18 cm×38 cm 的聚丙烯塑料袋, 常压蒸汽灭菌。

2015 年 3 月 19 日接栽培袋, 试验在河北工程大学教学科研基地进行。菌丝培养阶段保持棚内环境清洁并注意调整通风量, 定期翻垛, 发现杂菌感染的菌袋应及时清理。当灵芝达到生理成熟后采收, 采收时观察记录子实体的生物学性状, 包括菌盖颜色、菌盖直径等, 记录每潮的灵芝产量, 并计算出生物学效率, 统计前 2 潮的不同灵芝生物学特性。

第一作者简介:邢志伟(1993-), 女, 硕士研究生, 研究方向为食用菌生产技术。E-mail: xingzhiwei09@sina.com.

责任作者:郑素月(1969-), 女, 博士, 教授, 硕士生导师, 现主要从事食用菌新品种选育与菌种生产技术研究。E-mail: zhengsuyue@sina.com.

基金项目:河北省现代农业产业技术体系食用菌创新团队建设专项资金资助项目(冀农科发[2013]23 号)。

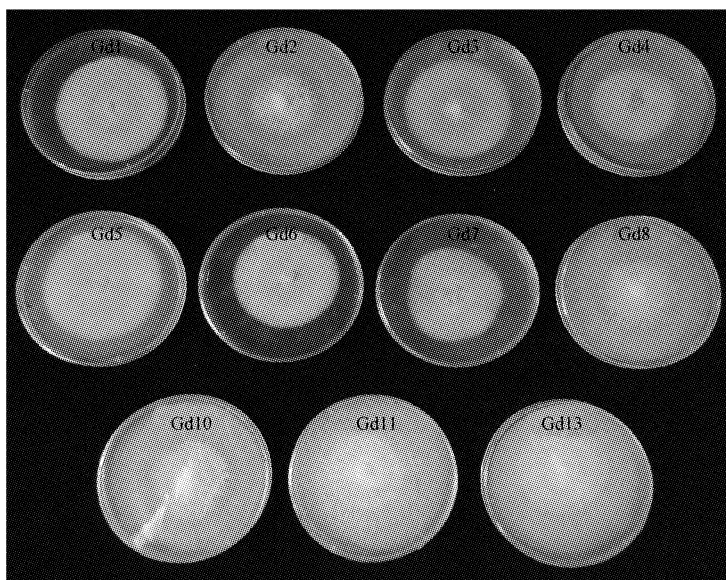
收稿日期:2016-02-15

2 结果与分析

2.1 不同菌株生长情况

2.1.1 菌丝生长速度比较 由图 1 可知,“广西野生灵芝”“泰山 3 号”“美国灵芝”“美芝”“南韩 3 号”长速最快,

菌丝洁白浓密,6 d 长满 90 mm 平板;“日本赤灵芝”“泰山 1 号”“盆景灵芝”“内蒙古野生灵芝”长速基本一致,菌丝洁白,9 d 长满 90 mm 平板;“川芝 4 号”和“韩芝”长速较慢,菌丝生速度及差异显著性见表 2。



注:菌株名称见表 1。

Note: Names of representative strains are shown in Table 1.

图 1 不同灵芝菌株菌丝生长速度

Fig. 1 Mycelial growth rate of different *Ganoderma lucidum*

表 2 不同灵芝菌株菌丝生长速度

Table 2 Mycelial growth rate of different

菌株编号	菌株名称	<i>Ganoderma lucidum</i>				$\text{mm} \cdot \text{d}^{-1}$		差异显著性
		I	II	III	平均值	0.05	0.01	
Gd13	“南韩 3 号”	14.167	14.167	14.167	14.167	a	A	
Gd11	“美国灵芝”	14.167	14.167	14.167	14.167	a	A	
Gd10	“泰山 3 号”	14.167	14.167	14.167	14.167	a	A	
Gd8	“广西野生灵芝”	14.167	14.167	14.167	14.167	a	A	
Gd2	“美芝”	14.167	14.167	14.167	14.167	a	A	
Gd1	“日本赤灵芝”	8.917	9.083	9.167	9.056	b	B	
Gd5	“泰山 1 号”	9.083	9.000	8.917	9.000	b	B	
Gd3	“盆景灵芝”	8.583	8.750	8.333	8.555	c	C	
Gd6	“内蒙古野生灵芝”	7.917	7.833	7.750	7.833	d	D	
Gd7	“韩芝”	7.750	7.667	7.667	7.695	d	D	
Gd4	“川芝 4 号”	6.917	7.000	7.250	7.056	e	E	

2.1.2 子实体形成过程的物候期比较 从表 3 可以看出,各品种满袋时间及原基形成时间差异很大,“泰山 3 号”“南韩 3 号”从接种到满袋的时间最短,需要 32 d,其次为“广西野生灵芝”“美国灵芝”,满袋时间为 33 d,而“韩芝”从接种到满袋所需的时间为 55 d。“日本赤灵芝”“美国灵芝”“美芝”从满袋到原基形成仅需要 10 d,但“韩芝”需要 32 d。从满袋至采收所需时间最短的菌株为“美芝”,需 39 d,其次为“广西野生灵芝”“美国灵芝”,需 40 d;而“泰山 1 号”和“韩芝”则需要 80 d 左右。

表 3 子实体形成过程的物候期比较

Table 3 A comparison of the phenology of the fruiting body formation

品种	从接种到满袋时间	满袋至原基形成时间	满袋至采收时间
“日本赤灵芝”	35	10	56
“美芝”	34	10	39
“盆景灵芝”	38	16	79
“川芝 4 号”	41	17	76
“泰山 1 号”	37	18	84
“内蒙古野生灵芝”	40	15	77
“韩芝”	55	32	82
“广西野生灵芝”	33	11	40
“泰山 3 号”	32	11	41
“美国灵芝”	33	10	40
“南韩 3 号”	32	12	41

2.2 子实体生物学特性和商品性状比较

2.2.1 不同菌株子实体生物学性状比较 由表 4 可见,各菌株之间的性状存在差异,子实体颜色多为红褐色,芝形为肾形或半圆形,“日本赤灵芝”的菌盖横径大于 10 cm,“川芝 4 号”“泰山 1 号”“韩芝”的菌盖直径大于 9 cm,其余菌株直径均大于 8 cm。“川芝 4 号”和“泰山 1 号”的菌柄长度最长,分别达到 5.43 cm 和 5.01 cm,其次为“日本赤灵芝”和“内蒙古野生灵芝”,菌柄长度分别为 4.57 cm 和 4.05 cm,其余菌株菌柄较短。“日本赤灵芝”的菌盖较厚,其它品种的菌盖厚度差异不明显。

表 4

子实体生物学特性和商品性状比较

Table 4

The contrast of biological properties and the quality character

参试菌株	子实体特征	菌盖大小/cm	菌柄长度/cm	菌柄粗度/cm	菌片厚度/cm	用途
“日本赤灵芝”	红褐色,菌盖肾形或半圆形	10.07	4.57	2.35	1.02	药用
“美芝”	红褐色,菌盖肾形	8.35	2.24	2.07	0.85	药用
“盆景灵芝”	红褐色,菌盖肾形	8.92	2.82	2.19	0.85	盆景或药用
“川芝 4 号”	红褐色,菌盖肾形	9.81	5.43	2.21	0.90	药用
“泰山 1 号”	红褐色,菌盖肾形	9.10	5.01	2.14	0.87	药用
“内蒙古野生灵芝”	红褐色,菌盖半圆形	8.56	4.05	2.17	0.88	药用
“韩芝”	红褐色,菌盖肾形	9.88	2.57	2.20	0.72	药用
“广西野生灵芝”	红褐色,菌盖肾形或半圆形	8.10	2.17	1.52	0.80	药用
“泰山 3 号”	漆红色,菌盖肾形或半圆形	8.42	1.91	1.43	0.76	盆景或药用
“美国灵芝”	红褐色,菌盖肾形或半圆形	8.22	1.96	1.32	0.74	药用
“南韩 3 号”	棕褐色,菌盖肾形或半圆形	8.29	2.55	2.25	0.83	盆景或药用

2.2.2 生物学效率比较 表 5 表明,11 个灵芝品种中,“日本赤灵芝”产量最高,显著高于其它几个品种,“韩芝”的生物学效率最低。

表 5 11 个灵芝品种的生物学效率比较

Table 5 Biological efficiency of 11 *G. lucidum*

参试菌株	区组I	区组II	区组III	平均生物学效率 (干品)/%	差异显著性	
					0.05	0.01
“日本赤灵芝”	10.48	10.76	10.80	10.680	a	A
“川芝 4 号”	7.63	7.98	7.82	7.808	b	B
“南韩 3 号”	7.68	7.33	8.32	7.776	b	B
“美芝”	7.53	7.65	7.88	7.680	b	B
“广西野生灵芝”	6.76	6.87	7.26	6.964	c	C
“内蒙古野生灵芝”	7.48	6.80	6.52	6.932	c	C
“泰山 1 号”	6.80	6.80	7.02	6.874	cd	C
“泰山 3 号”	6.10	6.65	6.40	6.384	de	C
“盆景灵芝”	6.45	6.16	6.52	6.377	de	C
“美国灵芝”	6.10	6.44	6.40	6.313	e	C
“韩芝”	4.56	4.29	4.12	4.324	f	D

3 结论与讨论

在该试验中,“日本赤灵芝”品种芝片较大、菌盖厚实,出芝整齐,生物转化率高,是较适宜冀中南地区栽培

的优良品种。“广西野生灵芝”“泰山 3 号”“美国灵芝”“南韩 3 号”原基形成时间早,表面红褐色,菌盖较小,出芝整齐,出芝潮次多,但芝片小且薄,产孢量较大,其中,“泰山 3 号”“南韩 3 号”芝片圆正、大小适中,适当控制通风,增长菌柄,适合盆景制作。“韩芝”菌丝生长速度慢,其接种到满袋时间、满袋到采芝时间均较长,但芝片大而圆整,其生理成熟机制尚需进一步研究。

参考文献

- [1] 王贺祥,刘庆洪. 食用菌栽培学[M]. 北京:中国农业大学出版社,2014.
- [2] 章灵华,王会贤,王立为,等. 灵芝孢子粉提取物在体内外的免疫效应[J]. 中国免疫学杂志,1994,10(3):169-172.
- [3] 赵东旭,王利波,杨新林,等. 灵芝子实体抗肿瘤成分提取的研究[J]. 北京理工大学学报,1999,19(6):782-786.
- [4] 黄毅. 食用菌栽培[M]. 北京:高等教育出版社,2008.
- [5] 江振友,林晨. 灵芝多糖对小鼠细胞免疫功能调节作用的实验研究[J]. 微生物学杂志,2003,23(2):51-54.
- [6] 张晓云,杨春清. 灵芝的化学成分和药理作用[J]. 国外医药-植物药分册,2006,21(4):152-155.
- [7] 夏志兰,周连玉,刘明月. 灵芝深层发酵优良菌株的筛选[J]. 菌物研究,2007,5(2):75-80.

Screening Fine Strains of *Ganoderma lucidum* in the Middle and South Area of Hebei Province

XING Zhiwei, ZHU Youyou, ZHENG Suyue, SU Beibei, LIU Huanzhang
(College of Agriculture, Hebei University of Engineering, Handan, Hebei 056038)

Abstract: Taking 11 different *Ganoderma lucidum* strains as experimental materials, the biological characters were studied by fruiting comparative test on the index of strains biological efficiency, the color and size of pileus, the length of stipe and thickness, to screen out excellent production strains for middle and south area of Hebei Province. The results showed that ‘Japan Ganoderma’ and ‘Chuanzhi 4’ both had large fruitbody and the pileus which was large and thick. The *Ganoderma* grew neatly, and the rate of biological conversion was very high. ‘Meizhi’ had good resistance and high yield *Ganoderma* spores powder. ‘Nanhan 3’ not only had a shorter primordium formation period and much more regeneration than others, but also its fruitbody was tidy and the size of pileus was well situated, so it could be used in the production of *Ganoderma* bonsai. These four strains were suitable to cultivate in central-south Hebei Province.

Keywords: *Ganoderma lucidum*; middle and south area of Hebei; fine strains; screening

DOI:10.11937/bfyy.201611039

精制山杏壳木醋液防治平菇 细菌性褐斑病药效试验

徐岩岩, 刘晓光, 彭艳芳, 于文清, 朱梦雨, 李 洁

(河北民族师范学院 生物系, 河北 承德 067000)

摘 要:以“寿研平”平菇(*Pleurotus ostreatus*)为试材,托拉斯假单胞杆菌为试用菌,采用平板扩散法和田间防效法测定不同浓度的精制山杏壳木醋液对平菇细菌性褐斑病菌的抑菌活性及对平菇菌丝生长的影响。结果表明:筛选得到1.25%、2.50%、5.00%精制山杏壳木醋液均可有效抑制平菇细菌性褐斑病的发生,且可以促进平菇菌丝的生长;在田间施用过程中,可选用1.25%、2.50%精制山杏壳木醋液进行预防,在平菇细菌性褐斑病大面积发生时可用5.00%精制山杏壳木醋液进行控制。

关键词:山杏壳木醋液;平菇;细菌性褐斑病;托拉斯假单胞杆菌

中图分类号:S 481+.9 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0009(2016)11-0148-03

20世纪70年代初,平菇生产发展迅猛,经过逾30年的发展,我国已是平菇生产大国^[1]。近年来,由托拉斯假单胞杆菌(*Pseudomonas tolaasii* Paine)引起的平菇细菌性褐斑病在国内外大面积发生^[2]。平菇细菌性褐斑病破坏菇盖表皮组织细胞,产生褐变,使其失去商业价值^[3]。平菇细菌性褐斑病的防治主要是农业防治、化学防治和生物防治。农业防治贯穿整个流程,从菌种的筛选到出菇需要严格的监控才能较好的降低发病率;目前化学防治最为有效的主要化学试剂是溴硝醇、漂白粉液、二氧化氯和农用链霉素等,但农药残留问题不易解决^[4]。生物防治具有不污染环境、对人和其它生物安全、防治作用持久、产品无残留等优点,在平菇细菌性褐斑病防治中将会发挥越来越重要的作用。

木醋液是木材炭化时生成的气体经过冷凝回收得到的液态产物,现在美国、日本、韩国等国家的农业生产中均有应用。木醋液提取物中抑菌成分为酚类、乙酸和糠醛,且对细菌和真菌(霉菌、植物病原菌)均有抑制作用^[5]。随着新型绿色无毒抑菌剂山杏壳木醋液的开发与利用^[6],课题组采用室内抑菌毒力试验与田间试验相

结合的方法^[7],研究山杏壳木醋液对平菇细菌性褐斑病致病菌的抑菌效果。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试“寿研平”平菇菌种及菌棒由平泉县希才应用菌科技发展有限公司提供。

供试托拉斯假单胞杆菌从发生细菌性褐斑病的平菇子实体上分离获得。

供试药剂:硫酸链霉素可溶性粉剂(streptomycin,效价1 000 U·mg⁻¹)为江西博莱大药厂产品,精制山杏壳木醋液为江阴中炬生物技术有限公司提供。

培养基:LB培养基(胰蛋白胨10 g,酵母提取物5 g, NaCl 10 g,蒸馏水1 000 mL,pH 7.0,琼脂18 g)用于培养细菌;LB培养液(胰蛋白胨10 g,酵母提取物5 g, NaCl 10 g,蒸馏水1 000 mL,pH 7.0)用于培养细菌;PDA培养基(马铃薯200 g,葡萄糖20 g,琼脂18 g,蒸馏水1 000 mL,pH 自然)。

1.2 试验方法

1.2.1 托拉斯假单胞杆菌菌悬液的制备 挑取单个菌株接种在LB培养液中170 r·min⁻¹振荡培养36 h,用无菌水配制成浓度为1×10⁸ cfu·mL⁻¹的菌悬液,备用。

1.2.2 平板扩散法抑菌 取100 mL LB培养基微波炉融化后,待温度降至65℃,在无菌条件下,倒入已灭菌的培养皿中制作平板,每皿25 mL,冷却至凝固。将100 μL浓度为1×10⁸ cfu·mL⁻¹的托拉斯假单胞杆菌

第一作者简介:徐岩岩(1985-),女,博士,讲师,研究方向为农业微生物学。E-mail:xuyanyan_sd@163.com.

责任作者:李洁(1962-),女,硕士,教授,研究方向为生物资源开发利用。E-mail:lijie0651@163.com.

基金项目:河北省科技厅资助项目(13226511);承德市财政局资助项目(CZ2013007);承德市科技局资助项目(20157029)。

收稿日期:2016-01-29

菌悬液加到培养基上,涂布均匀,晾干,打孔 8 mm×8 mm,每皿 4 孔,加入 100 μL 药剂,37 $^{\circ}\text{C}$ 黑暗培养 2 d,每隔 24 h 记录 1 次,测定抑菌圈直径。设置无菌水对照和链霉素(0.5 $\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$)药剂对照处理。每组处理 3 次重复。

1.2.3 最佳抑菌浓度筛选 利用无菌水将精制山杏壳木醋液分别稀释至浓度梯度为 50.00%、20.00%、12.50%、10.00%、5.00%、2.50%、1.67%、1.25%,然后利用平板扩散法筛选出精制山杏壳木醋液抑菌剂的最佳抑菌浓度,设置无菌水和链霉素对照。

1.2.4 精制山杏壳木醋液对平菇菌丝生长的影响 采用平板抑菌法检测不同浓度的精制山杏壳木醋液对平菇菌丝生长的影响,设置无菌水和链霉素对照。在无菌操作下,取 100 mL PDA 培养基微波炉融化后,待温度降至 65 $^{\circ}\text{C}$,制作平板,每皿 25 mL,冷却。取 100 μL 精制山杏壳木醋液抑菌剂均匀涂布在平板上,至完全吸收。在无菌操作下,用打孔器从菌种皿取材,在外缘生活力比较强的菌落处取 6 mm×6 mm 菌饼,备用。将打好的菌饼放置在平板中央,26 $^{\circ}\text{C}$ 培养 8 d 后,用“十字交叉法”测定平菇菌丝生长直径,以平均值代表菌落直径。

1.2.5 田间试验 涂抹接种法:待平菇子实体直径 5 cm 左右开始进行试验。将精制山杏壳木醋液均匀喷雾于生长情况一致的幼小子实体菌盖上。4 h 后,用灭菌的刷子蘸取 2 mL 托拉斯假单胞杆菌菌悬液,均匀涂布在已喷施山杏壳木醋液的菌盖上。在接种后,每隔 24 h 进行一次病级的调查。设置无菌水、链霉素与只接种托拉斯假单胞杆菌对照。参考 EATRADA 等^[8]的分级标准调查病情指数。病情指数 = $\sum(\text{各级病菇数} \times \text{相应级数}) / (\text{调查总菇数} \times 9) \times 100$;防治效果(%) = $[\text{病原菌对照的病情指数} - (\text{处理的病情指数} - \text{未接病原菌对照的病情指数})] / \text{病原菌对照的病情指数} \times 100$ 。

1.3 数据分析

试验数据采用 IBM SPSS Statistics 19.0 进行单因素方差分析。

2 结果与分析

2.1 精制山杏壳木醋液对托拉斯假单胞杆菌的抑菌活性

精制山杏壳木醋液对托拉斯假单胞杆菌具有显著的抑菌活性($P < 0.05$)。木醋液浓度与抑制效果呈正相关,即山杏壳木醋液浓度越大,抑菌圈直径也越大。12.50%、10.00% 精制山杏壳木醋液与链霉素(0.5 $\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$)抑菌圈直径相当。不同浓度山杏壳木醋液的抑菌效果差异显著,其中精制山杏壳木醋液原液抑菌圈最大,可达 43.43 mm,与使用链霉素的比较,抑菌圈扩大 2.27 倍。

表 1 不同浓度的山杏壳木醋液对托拉斯假单胞杆菌的抑菌效果

Table 1 Effect of different concentration of refined almond shell pyroligneous acid on diameter of inhibition zone of *Pseudomonas tolaasii*

处理 Treatment	浓度 Concentration	平均抑菌圈直径±SD Average diameter of inhibition zone±SD/mm	差异显著性 Significant difference
空白对照 CK	—	—	—
链霉素 Streptomycin /($\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$)	0.5	19.12±2.27	d
	100.00	43.43±2.55	a
	50.00	37.70±1.21	b
	20.00	33.05±1.79	c
精制山杏壳木醋液	12.50	22.06±1.03	d
Refined almond shell	10.00	21.10±1.07	d
pyroligneous acid/%	5.00	15.68±2.41	f
	2.50	8.30±1.68	g
	1.67	5.70±1.10	h
	1.25	4.10±0.69	h

注:“—”表示没有抑菌圈;不同小写字母表示处理间达到差异显著水平($P < 0.05$)。下同。

Note:“—”present no inhibition zone;different lowercase letters indicate a significant difference at 0.05 level. The same below.

2.2 精制山杏壳木醋液对平菇菌丝生长的影响

精制山杏壳木醋液低浓度对(10.00%、5.00%、2.50%、1.67%、1.25%)对平菇菌丝的生长都具有明显的促进作用($P < 0.05$),其浓度 1.25%精制山杏壳木醋液对平菇菌丝生长促进作用最为显著。高浓度(原液、50.00%、20.00%、12.50%)精制山杏壳木醋液对平菇菌丝的生长抑制作用显著,其中原液及 50.00%浓度处理下,平菇菌丝均不生长。链霉素与空白对照、12.5%精制山杏壳木醋液对平菇菌丝生长作用没有显著差异。

表 2 不同浓度精制山杏壳木醋液对平菇菌丝生长的影响

Table 2 Effect of different concentration of refined almond shell pyroligneous acid on hyphae growth of *Pleurotus ostreatus*

处理 Treatment	浓度 Concentration	平均平菇菌丝直径±SD Hyphae diameter of <i>Pleurotus</i> <i>ostreatus</i> ±SD/mm	差异显著性 Significant difference
空白对照 CK	—	25.67±8.20	b
链霉素 Streptomycin /($\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$)	0.5	24.56±9.89	b
	100.00	—	—
	50.00	—	—
	20.00	11.92±0.51	c
精制山杏壳木醋液	12.50	23.83±1.98	b
Refined Almond shell	10.00	40.44±1.20	a
pyroligneous acid/%	5.00	39.79±1.68	a
	2.50	36.67±1.27	a
	1.67	37.17±1.55	a
	1.25	40.06±1.45	a

2.3 田间试验

在田间试验中,精制山杏壳木醋液可以较好的防治

平菇细菌性褐斑病,但较高的浓度(12.50%)会对平菇子实体产生药害,导致子实体卷曲。对照药剂链霉素($0.5\text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$)病情指数为37.06、防效为57.96%,10.00%、5.00%、2.50%精制山杏壳木醋液防效分别为52.69%、67.46%、55.21%,均能有效地防治褐斑病,而且5.00%精制山杏壳木醋液防效略高于 $0.5\text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 链霉素,只接致病菌的平菇子实体发病褐变严重,病斑面积较大。

表3 不同浓度精制山杏壳木醋液对平菇细菌性褐斑病的田间防效

Table 3 Effect of refined almond shell pyroligneous acid on brown blotch disease of *P. ostreatus* in vivo

药剂名称	浓度	平均病情指数	平均防治效果
Bactericide name	Concentration	Index of incidence	Protective effect/%
空白对照 Control	—	—	—
强菌对照 <i>P. tolaasii</i> control	—	88.16a	—
链霉素 Streptomycin ($\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$)	0.5	37.06d	57.96b
	12.50	53.32b	39.52d
精制山杏壳木醋液	10.00	41.71d	52.69b
Refined almond shell	5.00	28.69e	67.46a
pyroligneous acid/%	2.50	39.49d	55.21b
	1.25	45.13c	48.81c

3 讨论

目前,对于平菇细菌性褐斑病的防治主要是使用化学试剂,但使用化学试剂药物残留比较严重,对平菇生长和人体健康不利。而且长期大量使用有机合成化学农药,已经带来了众所周知的环境污染、生态平衡破坏和食品安全等一系列问题,对推动绿色农业经济,实现持续发展带来许多不利的影响。因此,寻求高效绿色的生物农药是现在病虫害防治的重要手段。

山杏壳木醋液是将山杏壳干馏,所产生的气体混合物经冷凝回收,分离获得的有机产品^[9]。粗木醋液是一种黑褐色液体,有浓烈的烟熏味,该试验中将山杏壳木

醋液通过精制后,除去了木焦油及有害物质,通过室内毒力试验与活体药效试验发现5.00%、2.50%、1.25%精制山杏壳木醋液可显著抑制托拉斯假单胞杆菌,促进平菇菌丝的生长,在褐斑病大面积发生时可用5.00%精制山杏壳木醋液进行控制,以免大剂量施用造成烧菇现象。高效、无毒的精制山杏壳木醋液用于平菇栽培过程中,既能有效控制细菌病害,又能促进平菇菌丝的生长,可减少菇农生产栽培平菇的成本,提高经济效益。精制木醋液在田间施用方式正在进一步研究。

参考文献

- [1] 刘巧宁. 五种培养料对平菇栽培的影响研究[D]. 郑州:河南农业大学,2013.
- [2] RAINEY P B, BRODEY C L, JOHNSTONE K. Biological properties and spectrum of activity of tolaasin, a lipodepsipeptide toxin produced by the mushroom pathogen *Pseudomonas tolaasii* [J]. Physiological and Molecular Plant Pathology, 1991, 39(1): 57-70.
- [3] 金丹, 李宝聚, 石延霞, 等. 一种平菇褐斑病原菌的鉴定[J]. 食用菌学报, 2009, 16(1): 89-91.
- [4] RAINEY P B, TESTER M, JOHNSTONE K, et al. Bacterial blotch disease of the cultivated mushroom is caused by an ion channel forming lipodepsipeptide toxin[J]. Molecular Plant Microbe Interaction, 1991, 4(4): 407-411.
- [5] 施琳. 山杏壳木醋液有效成分及生物活性研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2013.
- [6] 柏美娟, 孔祥峰, 印遇龙. 木醋液研究进展[J]. 饲料工业, 2008, 20(16): 63-64.
- [7] 邢路军, 刘海光, 苑凤瑞, 等. 食用菌粘菌病化学防治研究[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(15): 9024-9025.
- [8] EATRADA A E R, ROYSE D J. Yield, size and bacterial blotch resistance of *Pleurotus eryngii* grown on cottonseed hulls/oak sawdust supplemented with manganese, copper and whole ground soybean[J]. Bioresource Technol., 2007, 98(10): 1898-1906.
- [9] 易允喻. 苦杏壳木醋液的精制与应用基础研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2014.

Effect of Refined Bitter Almond Shell Pyroligneous Acid on Brown Blotch Disease of *Pleurotus ostreatus*

XU Yanyan, LIU Xiaoguang, PENG Yanfang, YU Wenqing, ZHU Mengyu, LI Jie

(Department of Biology, Hebei Normal University for Nationalities, Chengde, Hebei 067000)

Abstract: Taking *Pleurotus ostreatus* as material, *Pseudomonas tolaasii* as test bacterial strain, using plate diffusion method and field efficacy test, the effects of different concentration of refined bitter almond shell pyroligneous acid on *Pseudomonas tolaasii* and *Pleurotus ostreatus* growth were studied. The results showed that 1.25%, 2.50%, 5.00% of refined bitter almond shell pyroligneous acid not only had the obvious bacteriostatic effect and could promote the growth of mushroom mycelia. 1.25% and 2.50% of refined bitter almond shell pyroligneous acid could be used in precaution, and 5.00% of refined bitter almond shell pyroligneous acid could be used in control, when brown blotch disease of *Pleurotus ostreatus* extensively occurred in field.

Keywords: almond shell pyroligneous acid; *Pleurotus ostreatus*; brown blotch disease; *Pseudomonas tolaasii*

干旱及盐胁迫对酸浆种子萌发特性的影响

童家赞, 蓝天, 任肖湘

(广州中医药大学 中药学院, 广东 广州 510006)

摘要:以酸浆种子为试材,分别采用浓度为0%~25.0%的PEG-6000模拟干旱胁迫,同时用0~150 mmol·L⁻¹ NaCl溶液模拟盐分胁迫,分别考察酸浆种子的抗旱和抗盐萌发特性。结果表明:随着PEG浓度增加,酸浆种子萌发延迟,且发芽率、发芽势和发芽指数均呈现明显下降趋势,PEG达25.0%时,酸浆种子没有萌发;临界胁迫浓度C₅₀为12.3%,高于番茄种子C₅₀(8.0%~10.8%)。随着NaCl溶液浓度升高,酸浆种子的发芽率、发芽势、发芽指数也呈下降趋势;浓度达到150 mmol·L⁻¹时,种子发芽率比对照组降低43.0%,萌发种子不能发育为正常幼苗;其C₅₀为107.0 mmol·L⁻¹,低于向日葵种子的C₅₀(258.0 mmol·L⁻¹)。

关键词:酸浆;种子萌发;干旱胁迫;盐胁迫

中图分类号:S 647.604⁺.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)11-0151-04

酸浆(*Physalis alkekengi* L.)属茄科酸浆属植物^[1],具有较高的食用、药用和观赏价值。其果实酸甘,可作水果鲜食,亦可加工罐头、果汁、果酱等。全草入药,味酸、苦,性寒,具有清热解毒,利咽,通利二便之功效^[2]。其带果实的宿萼又名锦灯笼、挂金灯,其味酸、甘,性寒;具清热利咽,化痰利水之功^[3]。该植物国内分布广,但栽培主要在东北和华北地区^[4-7]。目前,对于酸浆种子萌发特性研究较少。

我国是水资源非常短缺的国家之一,农业的持续发展面临着严重的水危机,特别是北方干旱早已成为影响作物产量的主要障碍因素之一。因此,准确鉴定作物种质的抗旱性,并选育抗旱性强的品种,已成为育种家关注的重要课题。同时,土壤盐渍化总是发生在干旱、半干旱地区的绿洲地带和经济比较发达的沿海地区、各大河流三角洲和土壤肥沃的冲积平原^[8]。我国土壤盐渍化也相当严重,盐渍土总面积约3.6×10⁷ hm²,占全国可利用土地面积的4.88%^[9]。土壤中盐的种类主要有NaCl、Na₂SO₄、Na₂CO₃等,这些盐分严重威胁着许多植物的生长;盐渍土中作物的产量下降,对社会经济发展造成不利影响^[10]。酸浆在上述地区栽培同样可能遇到环境胁迫的问题。目前,尚鲜见对酸浆种子萌发期间抗

逆性的相关研究。

多年来许多学者从抗旱和抗盐研究中摸索出一些行之有效的方法。其中,室内模拟干旱条件和盐分胁迫法,即在实验室根据高渗透液中种子萌发和幼苗生长情况来间接评价作物抗旱性和耐盐性成为常用的方法。其优点是适合早期鉴定、条件易控制、重复性好、方法简单、适于大批量鉴定、试验周期短。为此,该试验采用PEG-6000溶液模拟干旱胁迫条件,同时,采用NaCl溶液模拟外界环境的盐分胁迫,研究在高渗透液下酸浆种子的萌发特性,以期对酸浆抗旱和耐盐种质鉴定评价和筛选、抗旱耐盐酸浆育种和栽培提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 供试材料 酸浆(*Physalis alkekengi* L.)种子为广州中医药大学药用植物教研室周劲松副教授赠送,试验前装于密封袋,4℃冰箱中保存。

1.1.2 仪器与试剂 智能人工气候培养箱(ZRX-258 E 杭州钱江仪器设备有限公司),NaCl、PEG-6000、H₂O₂为分析纯。

1.2 试验方法

1.2.1 酸浆种子抗旱萌发试验 发芽试验参照《农作物种子检验规程》及《〈规程〉实施指南》进行^[11-12]。随机取酸浆种子以蒸馏水在室温下浸种24 h。再将种子以0.3% H₂O₂消毒10 min,用无菌双蒸水清洗3次,置于培养皿中(直径11 cm),发芽床为滤纸。培养皿中分别以不同浓度PEG-6000溶液代替蒸馏水模拟不同程度的干旱胁迫。试验设6组PEG-6000溶液浓度:0、5.0%、

第一作者简介:童家赞(1979-),男,博士,讲师,现主要从事中药鉴定教学与科研及药用植物保护与繁育等研究工作。E-mail:tongjy@gzucm.edu.cn.

基金项目:广州中医药大学“青年人才培养工程”资助项目(QNYC20140113);国家自然科学基金资助项目(31401277)。

收稿日期:2015-12-16

10.0%、15.0%、20.0%、25.0% (对应的渗透势分别为 0、-0.054、-0.177、-0.393、-0.735、-1.250 MPa)^[13]。每组 4 次重复,每次重复 100 粒种子,置于人工气候培养箱中,(25±1)℃ 恒温光照(12 h·d⁻¹)培养^[14]。试验过程中对培养皿进行称重并适当加灭菌蒸馏水,保持培养皿中溶液浓度和体积不变。

1.2.2 酸浆种子抗盐萌发试验 随机取酸浆种子以蒸馏水在室温下浸种 24 h。再将种子以 0.3% H₂O₂ 消毒 10 min,用无菌双蒸水清洗 3 次,置种于分别盛有不同浓度 NaCl 溶液培养皿中(直径 11 cm),发芽床为滤纸。试验设 6 组 NaCl 溶液浓度分别为:0、25、50、75、100、150 mmol·L⁻¹。每组 4 次重复,每个重复 100 粒种子。置于人工气候培养箱中,(25±1)℃ 恒温光照(12 h·d⁻¹)培养^[14]。试验过程中对培养皿进行称重并适当加灭菌蒸馏水,保持培养皿中溶液浓度和体积不变。

1.3 项目测定

以胚根突破种皮长度达种子长度 0.5 倍(约 1 mm)作为种子发芽的标准,每天定时记录发芽种子数,第 10 天结束发芽试验。计算各组发芽率、发芽势、发芽指数及胁迫反应指数。发芽率(GP/%)=发芽种子数/供试种子数×100。发芽势(GE/%)=规定天数内发芽种子数/供试种子数×100。发芽指数(GI)= $\sum(G_t/D_t)$,其中,G_t为置种后第 t 天的发芽率,D_t为不同的发芽试验天数。胁迫反应指数(stress response index,SRI/%)^[15]=渗透液胁迫测定值/对照测定值×100。

1.4 数据分析

数据采用 SPSS 16.0 统计软件进行方差分析(one

表 1

不同浓度 PEG-6000 对酸浆种子萌发的影响

Table 1 Effect of PEG-6000 solution on the germination characteristics of *Physalis alkekengi* seed

PEG-6000 浓度 Concentration of PEG/%	发芽起始天数 Sprout day/d	发芽率 Germination rate/%	发芽势 1 Germination energy 1/%	发芽势 2 Germination energy 2/%	发芽指数 Germination index
0	2	89.5±1.9a	48.0±2.9a	74.0±15.0a	24.98±1.91a
5.0	2	75.0±2.9b	22.5±3.7b	61.3±2.6b	19.29±0.63b
10.0	2	70.0±4.8c	18.0±2.7c	56.0±9.7b	17.96±1.40b
15.0	3	60.3±5.1d	0d	14.8±8.1c	11.47±1.58c
20.0	6	0.8±1.0e	0d	0d	0.09±0.13d
25.0	—	0e	0d	0d	0d

注:表中同列数据后不同小写字母表示差异显著性(P<0.05)。表 2 同。

Note: The means followed by different lowercase letters represent significantly different(P<0.05). Table 2 is the same format.

对照组以蒸馏水培养酸浆种子发芽率达到了 89.5%;PEG 溶液浓度为 5.0%、10.0%、15.0%、20.0% 培养,与对照组相比,发芽率分别减少了 14.5、19.5、29.2、88.7 个百分点,且发芽率在组间均具有显著差异。从发芽势 2(第 3 天)来看,PEG 浓度为 5.0%、10.0%、15.0%,与对照组相比减少了 12.7、18.0、59.2 个百分点,浓度大于等于 20.0%时发芽势为 0,且组间存在显著差异。从发芽指数来看,处理组比对照组分别降低

way ANOVA),组间比较采用邓肯检验(Duncan's test)。参考文献[15]中公式,以胁迫反应指数(SRI)为因变量(Y)、胁迫溶液浓度为自变量(X)建立直线回归方程;并求出当种子发芽指数下降为对照发芽指数的 50%时所对应的胁迫溶液浓度,即为种子萌发临界胁迫浓度(C₅₀)。

2 结果与分析

2.1 不同浓度 PEG-6000 溶液对酸浆种子萌发的影响

发芽势为日发芽种子数达到最高峰时的发芽数所占供试种子总数的百分比。在置种后的第 2 天,空白对照组达到日发芽数最高峰,以该天为基准作发芽势统计,记为发芽势 1。由于第 2 天在 15.0%、20.0%和 25.0%的浓度下均无种子发芽,以置种第 3 天为基准再作发芽势统计,记为发芽势 2。

从表 1 可以看出,PEG-6000 溶液对酸浆种子的萌发表现出明显的抑制作用,随着浓度增加,酸浆种子萌发延迟,并且发芽率、发芽势和发芽指数均呈现出明显下降趋势。以蒸馏水培养,酸浆种子在置种后第 2 天开始萌发,并且该天为萌发高峰期;当 PEG 溶液浓度为 5.0%和 10.0%时,虽然萌发起始也在置种后第 2 天,但萌发高峰期推迟至置种后第 3 天;PEG 溶液为 15.0%时,萌发起始时间推迟至置种后第 3 天,萌发高峰期为置种后第 4 天;PEG 溶液为 20.0%时,萌发起始时间推迟至置种后第 6 天,并且只有少数几颗种子萌发;PEG 溶液浓度为 25.0%时,酸浆种子没有萌发。

5.69、7.02、13.51、24.89、24.98,且组间存在显著差异。

由图 1 回归曲线求得的回归方程($y=1.0329-0.0432x$, $R^2=0.9401$)计算出临界胁迫浓度(C₅₀)为 12.3%,即 PEG 浓度为 12.3%时,胁迫反应指数(SRI)为 0.5;即在此浓度下,发芽指数下降到对照组的 50%。

2.2 不同浓度 NaCl 溶液对酸浆种子萌发的影响

表 2 表明,酸浆种子在 NaCl 溶液浓度 0~150 mmol·L⁻¹均有萌发,但是随着 NaCl 浓度升高酸浆

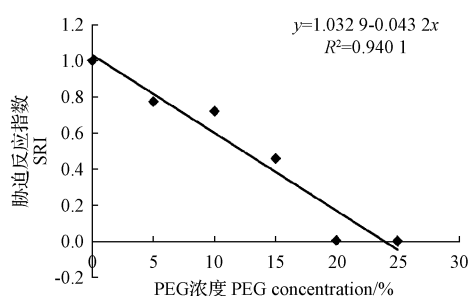


图1 PEG溶液对酸浆种子萌发胁迫反应指数的影响

Fig. 1 Effect of PEG solution on the stress response index of *Physalis alkekengi* seed

种子的发芽率、发芽势、发芽指数均呈下降趋势。用 $25 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaCl 处理的酸浆种子的发芽率、发芽势与对照组(未进行盐胁迫)的酸浆种子没有显著性差异,但发芽指数有显著降低;50、75、100、150 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaCl 处理的酸浆种子萌发情况与未进行盐胁迫的酸浆种子存在显著性差异;100 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 150 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaCl 溶液处理的酸浆种子发芽率只有 62.7% 和 43.7%,显著低于对照组的 76.7%,且 150 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaCl 处理组在前 3 d 都没有萌发,萌发情况不是很好。

当 NaCl 浓度达到 150 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,萌发起始时间推迟到置种后第 4 天,发芽率仅为 43.7%,并且不能长出真叶,子叶展开后不久即变黄,明显不能发育为正常幼苗,说明 150 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 为酸浆种子萌发所能耐受的 NaCl 浓度极限。

表2 不同浓度的 NaCl 溶液对酸浆种子萌发的影响

Table 2 Effect of NaCl solution on the Germination Characteristics of *Physalis alkekengi* Seed

NaCl 浓度 Concentration of NaCl /($\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$)	发芽起始天数 Sprout day /d	发芽率 Germination rate /%	发芽势(3 d) Germination energy(3 days) /%	发芽指数 Germination index
0	2	76.7±2.5d	70.2±4.5d	22.1±0.3d
25	2	72.2±4.9cd	65.2±3.2d	18.9±0.6c
50	2	66.5±4.3bc	54.5±15.2cd	15.2±2.4b
75	2	64.5±6.8bc	35.7±23.3c	13.4±3.4b
100	2	62.7±5.2b	17.0±9.2ab	12.6±1.4b
150	4	43.7±5.1a	0a	7.2±0.9a

由图 2 回归曲线求得的回归方程($y = 0.9602 - 0.0043x$, $R^2 = 0.9726$)计算出临界胁迫浓度(C_{50})为 107.0 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$,即 NaCl 浓度为 107.0 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,胁迫反应指数(SRI)为 0.5;在此浓度下,发芽指数下降到对照组的 50%。

3 讨论

PEG-6000 模拟干旱胁迫考察对酸浆种子萌发的影响,可以初步鉴定植物的耐旱性。该研究中,随着 PEG

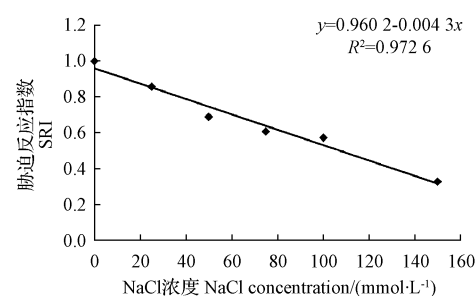


图2 NaCl溶液对酸浆种子萌发胁迫反应指数的影响

Fig. 2 Effect of NaCl solution on the stress response index of *Physalis alkekengi* seed

浓度的增大,酸浆种子的发芽率、发芽势、发芽指数均呈明显下降趋势;最低浓度 5.0% 组即与对照组存在显著性差异,表明其萌发过程对干旱胁迫非常敏感。但由临界胁迫浓度(C_{50} 为 12.3%)来看,相比同为茄科植物番茄的种子(C_{50} 为 8.0%~10.8%)则更为耐旱^[16]。

随着 NaCl 浓度的升高,酸浆种子萌发也呈下降趋势。临界胁迫浓度(C_{50}) 为 107.0 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$;因此,比牛蒡平等^[17] 报道的向日葵种子更不耐盐分的胁迫($C_{50} = 258.0 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$,该数值由文献数据求得回归方程计算得出: $y = 0.9467 - 1.7312x$, $R^2 = 0.9212$)。NaCl 浓度达到 150 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,酸浆种子萌发率低,即使能萌发也不能长出正常幼苗,推测 NaCl 对种子除了渗透胁迫还有其它抑制作用。有文献报道认为,NaCl 溶液对棉花种子萌发的胁迫伤害原因除了渗透胁迫,还包括离子毒害及对淀粉酶活性的抑制等方面^[18]。

2 次试验相隔 1 个月,对照组萌发率相差较大,分别为 89.5%、76.7%,可能是由于保存过程中引起的种子生活力下降所致。为此,如何贮藏酸浆种子也是有待研究的课题。

参考文献

- [1] ZHANG Z Y, LU A M, WILLIAM G D. Flora of China[M]. vol. 17. Beijing: Science Press, 1994: 311.
- [2] 国家中医药管理局《中华本草》编委会. 中华本草[M]. 第七册. 上海: 上海科技出版社, 1999: 286-289.
- [3] 中华人民共和国卫生部药典委员会. 中华人民共和国药典[S]. 1 部. 北京: 中国医药科技出版社, 2015: 360.
- [4] 王勇, 蒋欣梅, 王金玲, 等. 不同肥料对酸浆产量和品质的影响[J]. 北方园艺, 2010(17): 57-59.
- [5] 黄利亚, 金慧, 赵伟, 等. 长白山区挂金灯酸浆的开发利用及高产园艺栽培技术[J]. 北华大学学报(自然科学版), 2013, 14(2): 208-212.
- [6] 孙伟, 刘玉章, 曲寿河, 等. 酸浆春季直播栽培[J]. 特种经济动植物, 2008, 11(10): 33-34.
- [7] 苏慧兰, 高振江, 吕佩河, 等. 酸浆病害及防治[J]. 中国蔬菜, 2009, 29(3): 24-26.
- [8] 李彦, 张英鹏, 孙明, 等. 盐胁迫对植物的影响及植物耐盐机理研究进展[J]. 中国农学通报, 2008, 24(1): 258-265.
- [9] 王遵亲. 中国盐碱土[M]. 北京: 科学出版社, 1993: 400-515.

- [10] 赵明范. 世界土壤盐渍化现状 & 研究趋势[J]. 世界林业研究, 1997, 10(2):84-86.
- [11] 中华人民共和国国家标准 GB/T 3543.4-1995, 农作物种子检验规程[S].
- [12] 支巨振.《农作物种子检验规程》实施指南[M]. 北京: 中国标准出版社, 2000:43-51.
- [13] MICHEL B E, KAUFMANN M R. The osmotic potential of polyethylene glycol-6000[J]. Plant Physiology, 1973, 56:914-916.
- [14] 王艳玲, 黄宗才. 赤霉素浸泡对酸浆种子萌发的影响[J]. 江苏农业科学, 2009, 37(3):201-202.
- [15] 安永平, 强爱玲, 张媛媛, 等. 渗透胁迫下水稻种子萌发特性及抗旱性鉴定指标研究[J]. 植物遗传资源学报, 2006, 7(4):421-426.
- [16] 彭玉梅, 石国亮, 崔辉梅. PEG-6000 模拟干旱胁迫下不同加工番茄种子萌发期抗旱性评价[J]. 种子, 2013, 32(7):44-49.
- [17] 牛荡平, 曹振照, 严雪春. 盐胁迫对观赏向日葵种子发芽特性的影响[J]. 北方园艺, 2013(18):61-63.
- [18] 孙小芳, 郑青松, 刘友良, 等. NaCl 胁迫对棉花种子萌发和幼苗生长的伤害[J]. 植物资源与环境学报, 2000, 27(9):22-25.

Effect of Drought or Salt Stress on the Germination Characteristics of *Physalis alkekengi* Seed

TONG Jiayun, LAN Tian, REN Xiaoxiang

(School of Chinese Materia Medica, Guangzhou University of Chinese Medicine, Guangzhou, Guangdong 510006)

Abstract: Germination tests of *Physalis alkekengi* seed under drought or salt stress were conducted, using different concentration of solution (0%—25.0% polyethylene glycol-6000 or 0—150 mmol · L⁻¹ NaCl stress, respectively) as substitutes for water. The results showed that the seed germination was delayed and the germination percentage (GP), germination energy (GE) and germination index (GI) were significantly declined as the PEG concentration increasing. No germination was observed when PEG concentration was 25.0%. The C₅₀ (critical stress concentration) of PEG-6000 was 12.3%, which was higher than tomato seeds (8.0%—10.8%). The GP, GE and GI were also significantly declined as the NaCl concentration increasing. The GP was lowered by 43.0% when NaCl concentration was 150 mmol · L⁻¹, and the sprouted seeds were failed to develop into seedlings. The C₅₀ of NaCl was 107.0 mmol · L⁻¹, which was lower than sun flower seeds (258.0 mmol · L⁻¹).

Keywords: *Physalis alkekengi*; seed germination; drought stress; salt stress

什么是盐胁迫

知识窗

全世界约有 130 亿 hm² 的陆地, 其中有 30 亿 hm² 盐碱土, 几乎所有的洲都有盐碱土。我国约有 0.27 亿 hm² 盐碱土。随着工业现代化, 灌溉地和设施面积的扩大, 土壤次生盐现象日趋严重。

盐土是指土壤饱和提取液电导率超过 4 dS · m⁻¹ 的土壤, 包括: 轻盐土、中盐土、重盐土。城市园林植物的盐胁迫除了区域性地理土壤因素外, 北方城市撒盐溶雪是交通干线附近园林绿地盐积累、盐过量、盐中毒的重要原因之一。盐胁迫在炎热、干旱条件下对植物的伤害比冷凉条件下重, 强光照下盐胁迫对植物生长的抑制比弱光下的盐胁迫要大。过量地使用 N、P、K 肥不能缓解盐分引起的生长抑制, 反而会加剧盐害。不同植物种类其耐盐性不同。例如, 有研究报道济南地区某绿地 12 种植物其耐盐性由强到弱的排序为石榴 > 银杏 > 无花果 > 杜梨 > 葡萄 > 樱桃 > 毛桃 > 李 > 杏 > 山楂 > 枣 > 板栗。盐胁迫不仅影响植物的外部形态, 也影响植物内部的生理生化特性。盐害的典型症状是植物生长量显著减少、叶尖和叶缘灼伤、叶失绿和坏死、卷叶、花萎蔫、根坏死、枯梢、落叶甚至死亡。生长抑制是植物受制于盐胁迫最敏感的生理过程, 糖累积下降、蒸腾作用下降、水分亏缺、CO₂ 同化速率下降, 营养不良。盐胁迫的植物通常树冠小、叶片小而少、枝梢少、节间短、出苗率低。

(来源: 百度百科)

外源 NO 供体硝普钠对 NaCl 胁迫下夏枯草种子萌发的影响

常青山¹, 张利霞², 黄青哲¹, 周姗姗¹, 葛淑慧¹, 黄 玥¹

(1. 河南科技大学 林学院, 河南 洛阳 471003; 2. 河南科技大学 农学院, 河南 洛阳 471003)

摘 要:以夏枯草种子为试材, 采用 $0.01\sim 0.50\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ SNP 溶液对夏枯草种子进行浸种处理, 研究了以上浓度对 $120\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaCl 模拟盐胁迫下夏枯草种子萌发与幼苗生长的影响。结果表明: NaCl 胁迫显著抑制了夏枯草种子萌发, 不同浓度 SNP 溶液浸种对夏枯草种子萌发有不同程度的促进作用, 其中 $0.10\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ SNP 处理比盐胁迫对照组夏枯草的种子发芽率和发芽势分别提高 68.06% 和 130.56% , 发芽指数与活力指数分别提高 78.71% 和 325.93% , 胚根长、胚芽长及根芽比分别提高 165.63% 、 43.43% 与 74.49% , 鲜重提高 57.66% 。综合评定表明, 在不同的 SNP 浸种处理中, $0.10\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ SNP 处理总体效果最佳。

关键词:夏枯草; NO; 硝普钠; NaCl 胁迫; 种子萌发

中图分类号:S 688.404⁺.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)11-0155-06

夏枯草(*Prunella vulgaris* L.)是唇形科中园艺价值较高的一种草本植物, 常用于春季园林景观^[1]。同时夏枯草还有一定的药用价值, 夏枯草的干燥果穗可用做中药材^[2], 其味苦辛, 性寒, 含有三萜和甾醇及其苷类、黄酮等成分, 可以降低血压与血糖, 同时对病毒与癌症有较好疗效^[3], 现已成为多种药方与饮品的主要成分。在我国, 有 $6.67\times 10^6\text{ hm}^2$ 盐渍化耕地, 约占可耕地面积的 25% , 加之自然与人为原因使得土壤盐渍化的面积越来越大^[4], 农作物的生长因此而受到严重影响, 发掘盐渍土地的利用价值日益受到重视。通常情况下, 盐分最容易对植物种子萌发产生严重的不良影响, 土壤中盐分通过渗透与离子效应等途径影响种子的萌发, 并导致植物幼苗生长不良^[5-6]。作为主要采用种子繁殖的夏枯草, 播种生产中盐胁迫常常会抑制其萌发, 影响幼苗的成活

率。因此, 增加夏枯草种子的抗盐能力, 提高种子萌发率, 是提高幼苗成活率与壮苗率的关键。

SNP, 为外源 NO 供体, 全称外源 NO 供体硝普钠(sodium nitroprusside, SNP)。一氧化氮(NO)是植物体内一种重要的信号分子, 具有调节气孔运动、延缓衰老、促进防御相关基因的表达等功能, 可以促进种子萌发和提高植物幼苗抗逆能力, 在亚麻^[7]、水飞蓟^[8]、黑麦草^[9]、棉花^[10]等农作物上得到证实。近年来在夏枯草的化学成分与药理^[11-12]、栽培繁育^[13]、种子质量标准^[14]、种子萌发特性^[15]等方面多有研究。然而, NO 对盐胁迫下夏枯草的种子萌发作用研究尚鲜见报道。该研究以夏枯草种子为材料, 通过 NaCl 模拟盐害环境, 研究不同浓度的外源 NO 供体硝普钠(SNP)对 NaCl 胁迫下夏枯草种子萌发和幼苗生长的影响, 探讨 NO 对盐胁迫下夏枯草种子萌发的影响作用, 以期对盐渍地推广应用夏枯草提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料夏枯草种子采于南京。一氧化氮供体硝普钠(亚硝基铁氰化钠, SNP), 纯度 99% , 购自上海阿拉丁生化科技股份有限公司, 其它为国产分析纯试剂。

1.2 试验方法

根据表 1 设计 SNP 处理浓度。选取相对大小一致的夏枯草种子, 先在 0.1% 氯化汞溶液中消毒 $10\sim 12\text{ min}$, 后用蒸馏水反复冲洗至少 $4\sim 5$ 次, 将种子表面水分用

第一作者简介:常青山(1979-), 男, 河南安阳人, 博士, 讲师, 现主要从事植物逆境生理等研究工作。E-mail: hkdqcs@126.com.

责任作者:张利霞(1982-), 女, 河南濮阳人, 博士, 讲师, 现主要从事药用植物学等研究工作。E-mail: hkdzlx@126.com.

基金项目:河南省科技攻关计划资助项目(162102110095); 河南省高等学校重点科研资助项目(15A180037, 16A220005); 河南科技大学高级别项目培育基金资助项目(2015GJB029); 河南科技大学青年基金资助项目(4024-13350066, 4026-13350041); 河南科技大学博士科研启动基金资助项目(4024-13480054, 4026-13480038); 河南科技大学大学生研究训练计划(SRTP)资助项目(2014254, 2014281, 2015152)。

收稿日期:2015-12-22

消过毒的滤纸吸干备用。将吸干水分的夏枯草种子分别放入表 1 的蒸馏水中或不同浓度的 SNP 溶液中浸泡 12 h,再漂洗 2~3 次,稍晾干后放到预置 2 层滤纸的培养皿中,加入 7 mL 蒸馏水或 NaCl 溶液,整齐摆放 50 粒种子,3 次重复。最后将培养皿放入温度为 $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$ 、光照度为 33%、光照黑暗各 12 h 的光照培养箱(GXZ 280 型光照培养箱,宁波江南仪器制造厂生产)内进行发芽试验。每天称重补水以保持盐胁迫浓度不变,每隔 24 h 统计种子萌发情况,第 15 天统计幼苗的胚根长、胚芽长及鲜重,重复测定 10 株以上。

表 1 夏枯草种子的不同处理组合

Table 1 Different treatments of *Prunella vulgaris* seeds

处理 Treatment	NaCl /(mmol · L ⁻¹)	SNP /(mmol · L ⁻¹)
CK1	0	0.00
CK2	120	0.00
T1	120	0.01
T2	120	0.05
T3	120	0.10
T4	120	0.25
T5	120	0.50

1.3 项目测定

每天统计并记录夏枯草种子萌发情况,种子萌发的各项指标计算公式如下:发芽率(GP,%)= n/N ,其中, n 为第 15 天时每皿种子发芽数量, N 为供试种子总数;发芽势(GE,%)=种子发芽达高峰时的发芽数/供试种子数;发芽指数(GI)= $\sum(Gt/Dt)$,其中, Gt 为第 t 天的种

子发芽数, Dt 为对应 Gt 的发芽天数;活力指数 $VI=GI \times S$,其中, GI 代表发芽指数, S 为夏枯草全株总长度;根芽比(R/P)=胚根长度/胚芽长度。

1.4 数据分析

采用 Microsoft Excel 2003 与 SPSS 16.0 统计分析软件对种子萌发过程中获得的数据进行处理,用 Duncan 新复极差法对数据进行差异显著性检验及分析,采用主成分分析与隶属函数进行综合评价^[16-17]。隶属函数公式: $R(X_i)=(X_i-X_{min})/(X_{max}-X_{min})$,式中, X_i 为指标测定值, X_{min} 与 X_{max} 为某一指标的最小值和最大值。

2 结果与分析

2.1 不同浓度 SNP 对 NaCl 胁迫下夏枯草种子萌发的影响

2.1.1 对发芽率和发芽势的影响 由图 1 可以看出,夏枯草种子的发芽率与发芽势在 120 mmol · L⁻¹ NaCl 胁迫下显著降低($P<0.05$),与 CK1 相比,CK2 处理的夏枯草种子发芽率和发芽势分别降低 41.94%与 68.70%。采用不同浓度的 SNP 浸种处理后,夏枯草种子的发芽率和发芽势均得到不同程度地提高,T2、T3、T4 处理的发芽率分别比 CK2 上升 41.67%、68.06%、33.33%,且与 CK2 相比均达差异显著水平;T1、T2、T3、T4 处理的发芽势分别比 CK2 上升 79.17%、91.67%、130.56%、91.67%,且与 CK2 相比均达差异显著水平。不同浓度 SNP 处理中,T3 处理的发芽率和发芽势与其它处理相比均达差异显著水平,其缓解作用最佳。

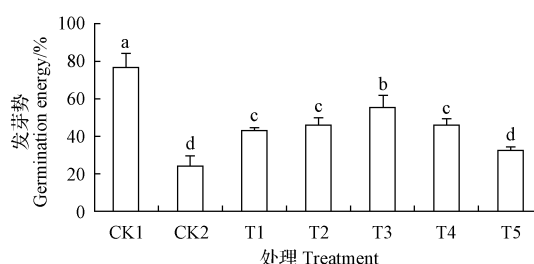
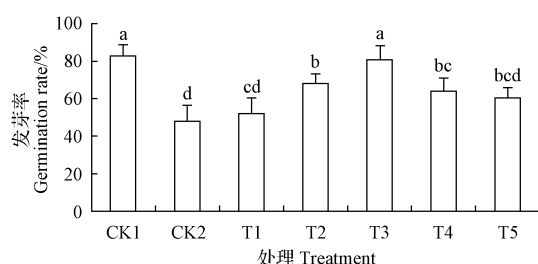


图 1 不同浓度 SNP 处理对盐胁迫下夏枯草种子发芽率与发芽势的影响

Fig. 1 Effect of SNP at different concentrations on seed germination rate and germination energy of *Prunella vulgaris* under NaCl stress

2.1.2 对发芽指数和活力指数的影响 由图 2 可以看出,夏枯草的发芽指数与活力指数在盐胁迫下显著降低,分别比 CK1 降低了 60.59%与 94.93%。不同 SNP 浓度处理下夏枯草种子的发芽指数和活力指数均高于 CK2,但低于 CK1 处理。T2~T5 处理下的发芽指数和活力指数与 CK2 相比均达显著水平,其中 T2、T3、T4 处理的发芽指数分别比 CK2 增加 51.95%、78.71%、46.14%;活力指数分别比 CK2 增加 168.72%、325.93%、223.92%。T2 与 T4 处理的发芽指数与活力指数彼此间差异不显著,T3 处理的缓解作用最好,且显著高于其它 SNP 处理。

2.1.3 对胚根长、胚芽长与根芽比的影响 从图 3 可以看出,盐胁迫下夏枯草的胚根长与胚芽长均受到了显著抑制,胚根长受到的抑制作用最大,比 CK1 处理降低了 89.52%,胚芽长则下降了 49.07%,根芽比降低了 78.59%。SNP 浸种处理提高了盐胁迫下的夏枯草的胚根与胚芽长度。从胚根长来看,T1~T5 处理夏枯草的胚根长与 CK2 相比均达差异显著水平,其中 T2、T3、T4 处理胚根长分别比 CK2 增加 95.05%、165.63%、155.22%。从胚芽长可以看出,仅有 T3 处理下的胚芽长与 CK2 相比达差异显著水平,其中 T2、T3 和 T4 处理的胚芽长分别比 CK2 增加 21.21%、43.43%、17.40%。

从根芽比可知,仅 T4 处理下的根芽比显著高于 CK2,其中 T2、T3 和 T4 处理的根芽比分别比 CK2 提高 57.88%、74.49%、112.90%。T3 处理对 NaCl 胁迫下夏

枯草幼苗的胚根长与胚芽长的提高效果最好,根芽比的提高效果则以 T4 处理为最佳。

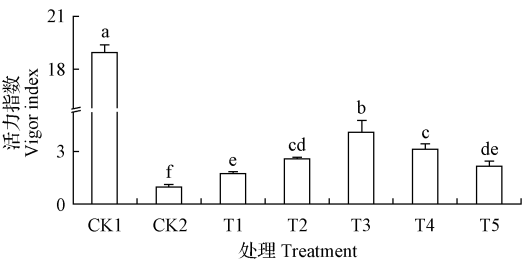
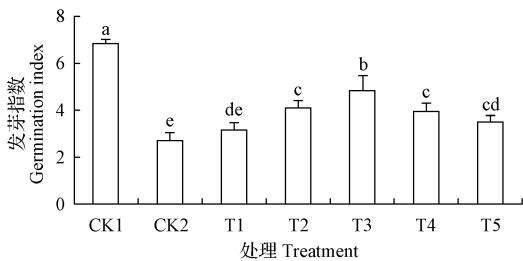


图 2 不同浓度 SNP 处理对盐胁迫下夏枯草种子发芽指数与活力指数的影响

Fig. 2 Effect of SNP at different concentrations on germination index and vigor index of *Prunella vulgaris* under NaCl stress

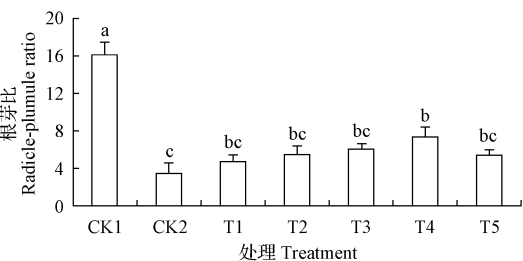
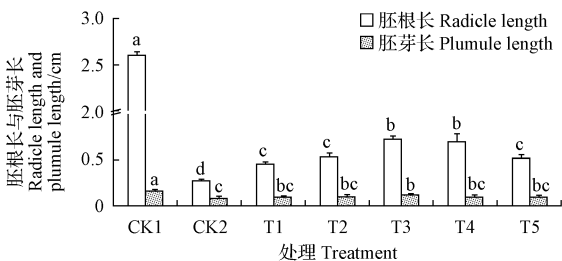


图 3 不同浓度 SNP 处理对盐胁迫下夏枯草胚根长、胚芽长与根芽比的影响

Fig. 3 Effect of SNP at different concentrations on radicle length, plumule length and radicle-plumule ratio of *Prunella vulgaris* under NaCl stress

2.1.4 对鲜重的影响 盐胁迫抑制夏枯草的生长,最终严重影响其鲜重指标。由图 4 可知,CK2 处理下,夏枯草鲜重比 CK1 处理下降 54.01%,达差异显著水平。在不同浓度的 SNP 浸种处理后,夏枯草幼苗鲜重均得到升高。与 CK2 相比,T2、T3 与 T4 处理鲜重分别增加 37.55%、57.66%、33.33%,但是仅有 T3 处理与 CK2 相比达差异显著水平,表明 0.10 mmol · L⁻¹ SNP 对 NaCl 胁迫下夏枯草幼苗的鲜重促进效果最好。

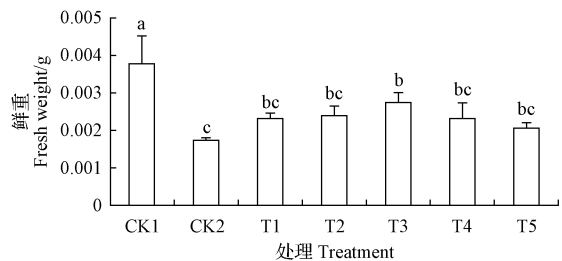


图 4 不同浓度 SNP 处理对盐胁迫下夏枯草幼苗鲜重的影响

Fig. 4 Effect of SNP at different concentrations on fresh weight of *Prunella vulgaris* seedling under NaCl stress

2.2 SNP 缓解 NaCl 胁迫下夏枯草种子萌发的综合评定

由表 2 可知,在第 1 主成分中,特征根是 7.389,累积贡献率达到 92.369%,根据公因子特征值大于 1,方差

贡献率累计大于 80%~85%的原则^[18],可以认为第 1 主成分足以反映原始变量大部分信息,故采用第 1 主成分来代替原来的 8 个变量。

表 2 主成分分析结果

Table 2 The results of principal components analysis

主成分 Component	特征根 Eigenvalue	贡献率 Contribution rate/%	累计贡献率 Cumulative contribution/%
1	7.389	92.369	92.369
2	0.471	5.887	98.256
3	0.093	1.166	99.421
4	0.039	0.486	99.907
5	0.005	0.068	99.975
6	0.002	0.025	100.000
7	2.19×10 ⁻¹⁶	2.744×10 ⁻¹⁵	100.000
8	3.68×10 ⁻¹⁷	4.601×10 ⁻¹⁶	100.000

经主成分分析发现,第 1 主成分中,发芽率、发芽势、发芽指数、活力指数、胚根长、胚芽长、根芽比、鲜重对应的载荷值分别为 0.852、0.961、0.991、0.964、0.968、0.991、0.963、0.991,发芽指数、胚芽长、鲜重在 8 个指标中数值较大,说明这些指标比较典型并且贡献值高。通过计算,获得主成分表达式为:

$$F_1 = 0.314X_1 + 0.354X_2 + 0.365X_3 + 0.355X_4 + 0.356X_5 + 0.365X_6 + 0.354X_7 + 0.364X_8。$$

根据主成分表达式各指标权重值的大小,可以得出各指标在外源 NO 浸种对盐胁迫下夏枯草种子萌发

特性影响大小的重要性,各指标重要性由大到小依次为:发芽指数、胚芽长、鲜重、胚根长、活力指数、根苗比、发芽势、发芽率。根据主成分表达式计算出各 SNP 溶液浸种处理效果的得分。由表 3 可知,不同浓度硝酸普钠溶液浸种处理影响盐胁迫的能力由强到弱依次为 $0.10 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} > 0.25 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} > 0.05 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} > 0.50 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} > 0.01 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ SNP 处理。

由于隶属函数可以克服单一指标的片面性,具有依据多个指标进行全面而准确分析的优点,在抗逆评价中得到广泛应用^[16,19]。故隶属函数分析方法常用于综合评定。根据各指标的隶属函数值,按照主成分表达式计算综合评定值,综合评定值越大,则说明该处理缓解效果越好。从表 4 可知,根据缓解效果 SNP 的处理浓度依次为 $0.10 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} > 0.25 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} > 0.05 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} > 0.50 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} > 0.01 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。分析结果表明,隶属函数的分析结果与主成分分析结果相一致,说明研究结果科学可靠。在综合评定中,CK1 排名第 1,说明在无

表 4 不同浓度 SNP 对 NaCl 胁迫下夏枯草种子萌发影响的隶属函数值

Table 4 Effect of SNP at different concentrations on the seed germination of *Prunella vulgaris* under NaCl stress

处理 Treatment	发芽率 Germination rate	发芽势 Germination energy	发芽指数 Germination index	活力指数 Vigor index	胚根长 Radicle length	胚芽长 Plumule length	根芽比 Radicle-plumule ratio	鲜重 Fresh weight	综合评定 Comprehensive evaluation value	排名 Ranking
CK1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	2.827	1
CK2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	7
T1	0.115	0.361	0.109	0.043	0.077	0.182	0.097	0.284	0.450	6
T2	0.577	0.418	0.338	0.090	0.111	0.220	0.158	0.320	0.776	4
T3	0.942	0.595	0.512	0.174	0.194	0.451	0.203	0.491	1.239	2
T4	0.462	0.418	0.300	0.120	0.182	0.181	0.308	0.284	0.788	3
T5	0.361	0.161	0.191	0.066	0.105	0.185	0.153	0.155	0.479	5

3 讨论

该研究中,在 $120 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaCl 胁迫下,夏枯草种子的发芽率、发芽势、活力指数、发芽指数等指标显著降低,较高的 NaCl 浓度胁迫可以明显抑制夏枯草种子的萌发,与张利霞等^[20]、张贤秀等^[21]的研究类似。NO 是一种信号分子,广泛参与植物多种生理过程的调节,因其在对植物逆境如盐胁迫、渗透胁迫与冷害等方面起着重要作用而得到重视^[8-10]。在该研究中,SNP 可以提高 $120 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaCl 胁迫下夏枯草种子的发芽率、发芽势等萌发指标,原因可能在于 NO 可以作用于细胞壁组分,使细胞壁松弛,提高种子的通透性,增加胁迫下植物种子的吸胀能力,同时提高淀粉酶同工酶的活性^[22-23],从而使得种子发芽能力得以提高。

NO 对 NaCl 胁迫下夏枯草种子的活力指数提高最大, $0.10 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ SNP 浸种处理下的活力指数比 CK2 提高了 325.93%;其次是胚根长与发芽势,分别比 CK2 提高了 165.63%与 130.56%;对鲜重与胚芽长的影响最小,只比 CK2 分别增加了 57.66%与 43.43%,说明经 SNP 处理后夏枯草的发芽率得以提高,在提高发芽率

胁迫的蒸馏水环境中夏枯草的萌发效果最好;CK2 排名最后,说明盐胁迫显著抑制了夏枯草种子的萌发。而各 SNP 处理位于二者之间,SNP 处理浓度太低或太高均降低其缓解能力, $0.10 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ SNP 浓度是缓解盐胁迫下夏枯草种子萌发的适宜浓度。

表 3 外源 NO 浸种对盐胁迫下夏枯草种子萌发特性的影响能力得分

Table 3 The scores of effect of seeds soaking in SNP solution on seed germination characteristics of *Prunella vulgaris* under NaCl stress

SNP 浓度 SNP concentration/($\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$)	得分 Score	排序 Order
CK1	5.623	1
CK2	-2.792	7
T1	-1.418	6
T2	-0.476	4
T3	0.853	2
T4	-0.450	3
T5	-1.341	5

的同时幼苗质量也明显优于盐胁迫对照。NaCl 胁迫显著抑制了夏枯草种子的胚根与胚芽生长,且根芽比下降显著,说明 NaCl 对胚根的抑制作用强于对胚芽的抑制,与景艳霞等^[24]的研究相一致。马引利等^[25]在 NO 对翅果油树的种子萌发中发现,NO 对翅果油树幼苗地上部分生长的影响强于对根的影响。在该研究中,SNP 对夏枯草胚根长的提高效果强于对胚芽长的提高效果,SNP 处理可以提高夏枯草的根芽比充分说明了这一点。其原因可能与植物的生长特性有关,相对于胚芽来讲,夏枯草胚根对胁迫及调节物质比较敏感,在 NaCl 环境中受盐胁迫抑制影响而生长速率显著下降;而在 SNP 处理后,夏枯草的胚根的抗盐能力得以增强而生长快于胚芽,在高羊茅^[17]、苜蓿^[6]等植物上也表现为类似的结果。

NO 对盐胁迫下植物的缓解表现为低促高抑的特点,并且其适宜浓度由于植物种类、胁迫类型及处理方法等不尽相同而存在差异^[26-27]。如采用 NO 供体硝酸普钠浸种能够促进玉米种子的萌发,以 $0.1 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ SNP 处理综合效果最佳^[28]; $0.3 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ SNP 在提高干旱胁迫下白花蛇舌草种子萌发上效果最好^[29]。在该

研究中,低浓度的 SNP($0.01\sim 0.10\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$)可以促进盐胁迫下夏枯草种子的萌发, $0.10\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ SNP 处理下夏枯草种子在盐胁迫下的萌发得到较好缓解,而在高浓度($0.25\sim 0.50\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$)其缓解效果下降,该研究结果与张少颖等^[28]、刘文瑜等^[30]和贾海凤等^[31]的研究结果一致。原因可能是由于当 NO 的浓度较高时,过量 NO 可以与活性氧形成过氧亚硝酸,NO 与过氧亚硝酸和植物体内的超氧阴离子(O_2^-)产生作用,导致膜渗漏并作用于相关的酶类,影响种子的萌发,使种子的萌发能力下降^[32-33]。

SNP 对盐胁迫下夏枯草种子萌发的缓解能力受到多指标的影响,因此,避免采用单个指标评价时所引起的不确定性和片面性,采用主成分分析法与隶属函数法可以客观而合理的对 SNP 的缓解能力进行评价,使结果具有科学性和可靠性^[16,34]。主成分与隶属函数分析表明,在该研究条件下 $0.10\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ SNP 浸种处理效果最佳。

(该文作者还有吕凤娟和艾培炎,单位同第一作者。)

参考文献

- [1] 张彦妮,陈立新,付艳丽.夏枯草(*Prunella vulgaris*)组织培养和快速繁殖[J].分子植物育种,2007,5(3):384-388.
- [2] 刘悦,宋少江,徐绥绪.夏枯草的化学成分及生物活性研究进展[J].沈阳药科大学学报,2003,20(1):55-59.
- [3] 顾晓洁,钱士辉,李友宾,等.夏枯草的化学成分及药理作用研究进展[J].中国野生植物资源,2007,26(2):5-7.
- [4] 樊怀福,郭世荣,焦彦生,等.外源一氧化氮对 NaCl 胁迫下黄瓜幼苗生长、活性氧代谢和光合特性的影响[J].生态学报,2007,27(2):546-553.
- [5] 鱼小军,徐长林,景媛媛,等.外源 NO 对 NaCl 胁迫下扁蓿豆种子萌发和幼苗生长的影响[J].草原与草坪,2014,34(2):68-71.
- [6] 常青山,张利霞,刘龙昌,等.壳聚糖浸种对盐胁迫苜蓿种子萌发受阻的缓解作用[J].贵州农业科学,2015(5):69-71.
- [7] 吴文荣,牛瑞明,苑莹,等.外源 NO 对模拟干旱胁迫下亚麻种子发芽及幼苗生长的影响[J].作物杂志,2015(1):143-147.
- [8] 张晓倩,王康才,张彦南,等.外源 NO 对 NaCl 胁迫下水飞蓟种子萌发和幼苗生长生理的影响[J].中草药,2013,44(22):3216-3222.
- [9] 刘建新,王金成,王瑞娟,等.外源一氧化氮对渗透胁迫下黑麦草幼苗光合和生物发光特性的影响[J].草业学报,2013,23(1):210-216.
- [10] 杨美森,王雅芳,于秀霞,等.外源一氧化氮对冷害胁迫下棉花幼苗生长、抗氧化系统和光合特性的影响[J].中国农业科学,2012,45(15):3058-3067.
- [11] 李晔,籍保平,郑杰,等.夏枯草提取物对链脲菌素致糖尿病 ICR 小鼠血糖及血脂影响[J].食品科学,2006,27(6):212-215.
- [12] 王激光.夏枯草合剂的保肝作用[J].中草药,2001,32(7):625-627.
- [13] 杨伟.夏枯草的繁殖及生长特性研究[D].南京:南京农业大学,2013.
- [14] 张贤秀.夏枯草种子质量标准及种子活力初步研究[D].南京:南京农业大学,2008.
- [15] 郭巧生,刘丽,赵荣梅,等.夏枯草种子萌发特性的研究[J].中国中药杂志,2006,31(13):1045-1047.
- [16] 田如男,张培东,程澄.模拟酸雨胁迫对 4 种草坪草种子萌发的影响[J].南京林业大学学报(自然科学版),2011,35(5):5-10.
- [17] 常青山,张利霞,万涛,等.模拟酸雨胁迫下钙离子对高羊茅种子发芽的影响[J].草业科学,2012,29(12):1903-1909.
- [18] 朱仁海,杨琪瑜,沈文瑛.统计分析方法[M].北京:中国林业出版社,1990.
- [19] 孙艳茹,石屹,陈国军,等.PEG 模拟干旱胁迫下 8 种绿肥作物萌发特性与抗旱性评价[J].草业学报,2015,24(3):89-98.
- [20] 张利霞,常青山,侯小改,等.不同钠盐胁迫对夏枯草种子萌发特性的影响[J].草业学报,2015,24(3):177-186.
- [21] 张贤秀,郭巧生,沈雪莲.种子引发对夏枯草种子耐盐性的影响[J].中国中药杂志,2009,34(8):944-977.
- [22] 张华,孙永刚,张帆,等.外源一氧化氮供体对渗透胁迫下小麦种子萌发和水解酶活性的影响[J].植物生理与分子生物学报,2005,31(3):241-246.
- [23] LESHEM Y Y, HARAMATY E. The characterization and contrasting effects of the nitric oxide free radical in vegetative stress and senescence of *Pisum sativum* Linn. foliage[J]. Journal of Plant Physiology, 1996, 148(3-4): 258-263.
- [24] 景艳霞,袁庆华.不同钠盐胁迫对苜蓿种子萌发的影响[J].种子,2010,29(2):69-72.
- [25] 马引利,闫桂琴,陈洁.外源一氧化氮供体浸种对翅果油树种子萌发和幼苗生长的影响[J].西北林学院学报,2007,22(1):5-7.
- [26] 时振振,李胜,杨柯,等.盐胁迫下豌豆幼苗对内外源 NO 的生理生化响应[J].草业学报,2014,23(5):193-200.
- [27] 苏桐,龙瑞军,魏小红,等.外源 NO 对 NaCl 胁迫下燕麦幼苗氧化损伤的保护作用[J].草业学报,2008,17(5):48-53.
- [28] 张少颖,任小林,程顺昌,等.外源一氧化氮供体浸种对玉米种子萌发和幼苗生长的影响[J].植物生理学通讯,2004,40(3):309-310.
- [29] 朱再标,宁梓君,郭巧生,等.外源一氧化氮对干旱胁迫下白花蛇舌草种子萌发的影响[J].中草药,2014,45(6):840-843.
- [30] 刘文瑜,杨宏伟,魏小红,等.外源 NO 调控盐胁迫下菝葜苜蓿种子萌发生理特性及抗氧化酶的研究[J].草业学报,2015,24(2):85-95.
- [31] 贾海凤,张海艳.外源 NO 对 NaCl 胁迫下板蓝根种子萌发和幼苗生理特性的影响[J].中草药,2014,45(1):118-124.
- [32] 何奕昆,张飞雄,刘彦卓,等.一氧化氮:植物体内一种新的生长调控因子(英文)[J].植物生理与分子生物学报,2002,28(5):325-332.
- [33] MUNNS R, TESTER M. Mechanisms of salinity tolerance[J]. Annual Review of Plant Biology, 2008, 59: 651-681.
- [34] 刘钟,薛英利,杨圆满,等.人工遮阴条件下 3 个马铃薯品种耐阴性研究[J].云南农业大学学报,2015,30(4):566-574.

Effect of Exogenous NO on *Prunella vulgaris* Seed Germination Under NaCl Stress

CHANG Qingshan¹, ZHANG Lixia², HUANG Qingzhe¹, ZHOU Shanshan¹, GE Shuhui¹, HUANG Yue¹, LYU Fengjuan¹, AI Peiyan¹

(1. College of Forestry, Henan University of Science and Technology, Luoyang, Henan 471003; 2. College of Agriculture, Henan University of Science and Technology, Luoyang, Henan 471003)

DOI:10.11937/bfyy.201611042

氮素用量对叶用枸杞氮磷钾养分积累及产量的影响

王 蓉¹, 王 伟¹, 王 娅 丽¹, 王 金 涛¹, 司 光 义²

(1. 国家林业局枸杞工程技术研究中心, 宁夏 银川 750004; 2. 贺兰林业局, 宁夏 银川 750200)

摘 要:以枸杞“叶用 1 号”为试材, 采用田间试验与测试分析方法, 在宁夏银川金凤区森森现代林业科技园进行了叶用枸杞肥料试验, 研究了春季氮素用量对叶用枸杞植株氮磷钾养分积累和产量的影响。结果表明: 适量的增施氮肥能够促进叶用枸杞对氮磷钾素的积累; 100 kg 叶芽所需氮(N) 0.35~0.58 kg、所需磷(P_2O_5) 0.08~0.13 kg、所需钾(K_2O) 0.15~0.24 kg, 其三要素(N : P_2O_5 : K_2O) 平均比例为 1 : 0.24 : 0.44; 当每 667 m² 施氮量为 2.18 kg 时, 叶用枸杞每 667 m² 生物产量最高值为 313.89 kg; 当每 667 m² 施氮量为 2.45 kg 时, 每 667 m² 叶芽产量最高值为 88.41 kg; 当最佳经济效益每 667 m² 施氮量为 2.40 kg 时, 每 667 m² 最佳经济产量为 88.40 kg。

关键词: 叶用枸杞; 氮磷钾; 产量

中图分类号: S 143.1; S 565.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2016)11-0160-04

枸杞的嫩叶或嫩芽在《本草纲目》中称作天精草, 其营养丰富, 性味苦甘凉, 能清火明目, 药用保健功能可与枸杞果实媲美, 具有预防心脏疾病及心血管疾病发生、延缓衰老和促进机体免疫等作用^[1-4]。

目前枸杞以传统的果用枸杞种植为主, 叶用枸杞仅有零星栽培, 且大多不是叶用枸杞专用品种^[5-6]。枸杞“叶用 1 号”是国家林业局枸杞工程技术研究中心采用倍性育种方法选育出的三倍体枸杞新品系。该品种具有生长量大、生长势强、栽培性能好、适应性强、叶芽鲜嫩、风味良好、营养丰富的特点。而目前鲜见关于叶用

枸杞施肥方面的研究^[7-11], 随着叶用枸杞新品种的问世, 急需解决其栽培技术、施肥等一系列的相关技术问题。该试验通过氮肥用量对叶用枸杞氮磷钾养分及产量影响的研究, 以探明在砂土壤条件下叶用枸杞氮肥用量的最佳配比, 以期为叶用枸杞精准施肥提供理论支撑。这对于大面积推广叶用枸杞施肥技术、提高肥料利用率、降低生产成本具有十分重要的参考价值。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验在宁夏银川金凤区森森现代林业科技园进行。该地区四季分明, 春迟夏短, 秋早冬长, 昼夜温差大, 雨雪稀少, 蒸发强烈, 气候干燥, 风大沙多等。年平均气温 8.5℃左右, 年平均日照时数 2 800~3 000 h, 是中国太阳辐射和日照时数最多的地区之一。土壤肥力水平低下, 是典型的砂质土壤, 其主要土壤理化性质见表 1。

第一作者简介: 王蓉(1988-), 女, 宁夏固原人, 硕士, 研究实习员, 现主要从事植物营养与作物施肥等研究工作。E-mail: 951821322@qq.com。

基金项目: 国家林业局枸杞工程技术研究中心实验室研究专项资助项目(2015-GQZX-3)。

收稿日期: 2015-12-16

Abstract: Taking seed of *Prunella vulgaris* as test material, using 120 mmol · L⁻¹ NaCl to imitate salt stress, the effects of sodium nitroprusside (SNP) at different concentrations (0.01—0.50 mmol · L⁻¹) on seed germination and seedling growth under NaCl stress were investigated. The results showed that seed germination of *Prunella vulgaris* was significantly inhibited by NaCl stress, SNP treatments could relieve the inhibition of seed germination under NaCl stress in different degree. 0.10 mmol · L⁻¹ SNP increased the seed germination rate and germination energy by 68.06% and 130.56%, germination index and vigor index by 78.71% and 325.93%, radicle length and plumule length by 165.63% and 43.43%, radicle-plumule ratio by 74.49%, and fresh weight by 57.66%. The comprehensive evaluation indicated that the concentration of SNP at 0.10 mmol · L⁻¹ was the best relieving effect in all the treatments.

Keywords: *Prunella vulgaris*; NO; sodium nitroprusside; NaCl stress; seed germination

表 1

供试土壤 0~40 cm 土层主要理化性质

Table 1

Basic properties of the tested soil in 0—40 cm

土层深度 Soil depth/cm	有机质 Organic matter/(g·kg ⁻¹)	碱解氮 Avail. N/(mg·kg ⁻¹)	速效磷 Avail. P/(mg·kg ⁻¹)	速效钾 Avail. K/(mg·kg ⁻¹)	全盐 Total salt/(g·kg ⁻¹)	pH
0~20	12.65	44.7	141	124.0	1.05	9.26
20~40	8.75	48.2	140	128.9	0.39	9.61

1.2 试验材料

供试材料为枸杞“叶用 1 号”。供试肥料为尿素(N 46%)、过磷酸钙(P₂O₅ 50%)、硫酸钾(K₂O 50%)。施肥方法:有机肥(羊粪)和全部磷肥结合整地施,氮肥、钾肥分别在 5 月中旬水溶追施。

1.3 试验方法

每 667 m² 统一施用有机肥(羊粪)2 000 kg、硫酸钾肥 1.5 kg、重过磷酸钙 2.2 kg 的基础上,设置 4 个水平氮肥试验,即每 667 m² 分别施氮 0、2、3、4 kg(处理分别设置为 N₀、N₂、N₃、N₄)。采用单因素(氮素)随机区组试验设计,重复 3 次。树龄 3 年,株行距 70 cm×20 cm,每小区种 10 行,小区长 12 m,宽 6.95 m,小区面积 83.38 m²,每 667 m² 种植 4 765 株,管理同大田。

1.4 项目测定

叶用枸杞植株取样分别隔 30 d 在各处理的第 3 个小区随机采集,分别测定不同时期、不同器官 NPK 养分。

植株 NPK 含量的测定方法:将样品冲洗干净后,放入烘箱,在 105 ℃ 条件下烘 30 min,然后在 65 ℃ 条件下烘 12 h 左右。烘干样粉碎后过 0.25 mm 筛,叶芽用研钵捣碎过 1 mm 筛,各器官样品分别用 H₂SO₄-H₂O₂ 消煮,植株的全氮、全磷、全钾含量分别采用半微量凯氏定氮法、钒钼黄比色法、火焰光度计法测定。

各器官 N 养分积累量(g/株)=各器官干物质重(g/株)×各器官养分含量(%)÷100;各器官 P₂O₅ 养分积累量(g/株)=各器官干物质重(g/株)×各器官养分含量(%)×2.291 4÷100;各器官 K₂O 养分积累量(g/株)=各器官干物质重(g/株)×各器官养分含量(%)×1.204 6÷100;每株叶用枸杞总养分积累量=根养分积累量(g/株)+茎干物质重(g/株)+叶干物质重(g/株)。

1.5 数据分析

数据采用 Excel 2007、DPS 统计分析软件进行分析。

2 结果与分析

2.1 氮素用量对叶用枸杞各器官 NPK 养分积累量的影响

由图 1 可以看出,叶用枸杞对氮素、磷素的吸收规律相同,主要以根为中心,二者在各器官的含量均依次为根>茎>叶;对钾素的吸收主要以茎为主,其次为叶。不同氮素用量对叶用枸杞各器官氮素、磷素、钾素积累有不同影响。不同器官氮素积累中,根和茎的含氮量均

是 N₄ 处理最高,分别比含氮最低处理 N₀ 高出 42.36%、69.85%;叶含氮量最高处理为 N₃,比含氮最低处理 N₀ 高出 75.85%。可见,随施氮量的增加,叶、根、茎的含氮量均增加。

各器官磷素积累过程中,根和茎的含磷量均是 N₄ 处理最高,分别比含磷最低处理 N₀ 高出 27.43%、67.65%;叶含磷量最高处理为 N₃,比最低处理 N₀ 高出 52.61%。

各器官钾素积累过程中,根、茎、叶的含钾量均是 N₀ 处理最高。其中,叶、茎含钾量最低处理均为 N₂,最高处理比最低处理依次高出 1.48、1.20 倍;根含钾量最低处理为 N₃,比最高处理低 52.60%。可见,土壤的含钾量足以满足叶用枸杞的生长,过多的施入钾素反而降低钾素利用率。

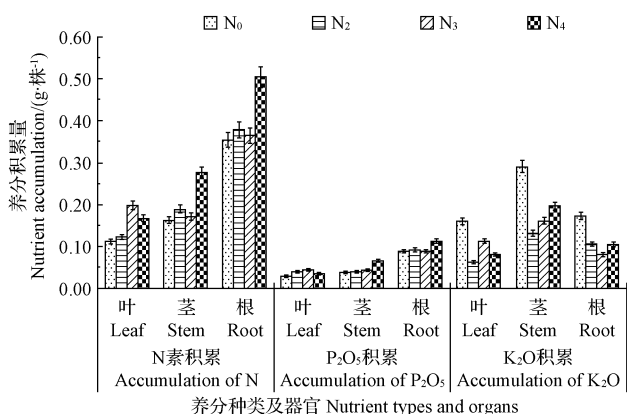


图 1 不同氮素用量对叶用枸杞各器官氮磷钾养分吸收的影响

Fig. 1 Effect of nitrogen fertilizer application on the absorption of NPK for leafy wolfberry

2.2 不同氮素水平下生产 100 kg 叶芽所需氮磷钾养分量

由表 2 可知,100 kg 叶芽所需氮素(N)在 0.35~0.58 kg,各处理高低顺序为 N₄>N₃>N₂=N₀;100 kg 叶芽所需磷素(P₂O₅)在 0.08~0.13 kg,各处理高低顺序为 N₄>N₃=N₀>N₂;100 kg 叶芽所需钾素(K₂O)在 0.15~0.24 kg,各处理高低顺序均表现为 N₄>N₃>N₀>N₂。三要素(N:P₂O₅:K₂O)平均比例为 1:0.24:0.44。

表2 不同氮肥施用量下生产 100 kg
叶芽所需氮磷钾养分量

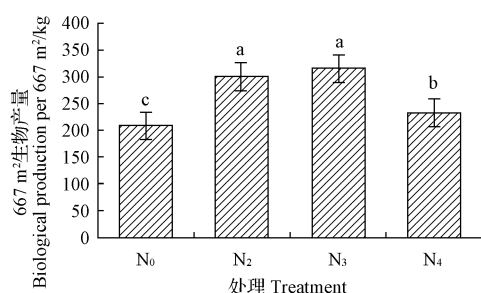
Table 2 100 kg of sprout under different ratio of nitrogen fertilizer
required for nitrogen, phosphorus and potassium

处理 Treatment	N 质量 /kg	P ₂ O ₅ 质量 /kg	K ₂ O 质量 /kg	三要素比例 (N : P ₂ O ₅ : K ₂ O)
N ₀	0.35	0.09	0.16	1 : 0.26 : 0.46
N ₂	0.35	0.08	0.15	1 : 0.23 : 0.43
N ₃	0.38	0.09	0.18	1 : 0.24 : 0.47
N ₄	0.58	0.13	0.24	1 : 0.23 : 0.41

2.3 不同氮肥施用量对叶用枸杞产量的影响

2.3.1 不同氮肥施用量对叶用枸杞生物产量的影响

对不同氮肥施用量与叶用枸杞生物产量进行回归



统计分析可知,叶用枸杞各处理间差异显著性如图2所示。各处理 N₂、N₃、N₄ 分别比 N₀ 处理的每 667 m² 生物产量高出 92.17、107.17、24.16 kg,即分别高出 44.24%、51.44%、11.6%。建立施氮量与叶用枸杞生物产量回归方程: $y = -22.655x^2 + 98.77x + 206.23$, $R^2 = 0.9395$ 。在统一施磷、钾肥前提下,当每 667 m² 施氮量达 2.18 kg 时,每 667 m² 生物产量达最大值 313.89 kg;当施氮量进一步增加,生物产量呈缓慢下降趋势,说明施氮肥能明显提高叶用枸杞的生物产量,但氮肥的施用量必须控制在一定的水平。

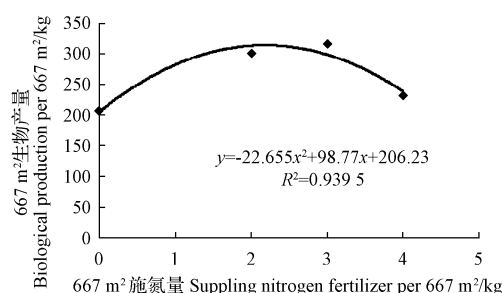


图2 氮素水平对叶用枸杞生物产量的影响

Fig. 2 Effect of different ratio of nitrogen fertilizer application on biological production

2.3.2 不同氮肥施用量对叶用枸杞叶芽产量及肥料效益的影响 由表3可知,适量施用氮肥对叶用枸杞叶芽有增产效果,各处理间叶芽产量差异不显著。N₂、N₃、N₄ 处理的叶芽产量分别比 N₀ 处理高出 21.47%、20.21%、13.21%。每 667 m² 产值分别增加 311.66、293.51、191.85 元。从肥料效益来看,N₂ 处理肥料经济效益和产投比最高,N₄ 处理反而呈现负数效益。建立施氮量与叶用枸杞叶芽产量回归方程(图3),

$y = -2.6411x^2 + 12.917x + 72.614$, $R^2 = 0.999$, 当每 667 m² 施氮量达 2.45 kg 时,每 667 m² 叶芽产量达最大值 88.41 kg;施氮量再增加,叶芽产量则出现下降趋势;根据施肥利润函数 $Z = py - qx$,即 $Z = 20 \times (-2.6411x^2 + 12.917x + 72.614) - 4.28x$,得出每 667 m² 最大效应施氮量为 2.40 kg,每 667 m² 相应最佳经济产量为 88.40 kg (纯 N 为 4.28 元 · kg⁻¹,叶用枸杞叶芽为 20 元 · kg⁻¹)。

表3 不同氮肥处理对叶用枸杞叶芽 667 m² 产量的影响

Table 3 Effect of different ratio of nitrogen fertilizer on sprout production per 667 m²

处理 Treatment	产量 Yield /kg	增产率 Growth rate /%	产值 Income /元	氮肥投入 Nitrogen input /元	磷肥投入 Phosphate input /元	钾肥投入 Potash input /元	肥料经济效益 Economics /元	产投比 VCR
N ₀	72.57±22.35a	—	1451.35	—	—	—	—	—
N ₂	88.15±8.72a	21.47	1763.01	37.50	156.6	27	90.56	8.94
N ₃	87.24±10.13a	20.21	1744.86	56.25	156.6	27	53.65	8.11
N ₄	82.16±2.25a	13.21	1643.20	75.00	156.6	27	-66.75	5.33

3 讨论与结论

研究结果显示,叶用枸杞对氮素、磷素的吸收规律相同,主要以根为中心,二者在各器官的含量均为根>茎>叶;对钾素的吸收主要以茎为主,其次为叶。随施氮量的增加,叶、根、茎的含氮、含磷量均增加,钾素反之。

100 kg 叶芽所需氮、磷(P₂O₅)、钾(K₂O)分别在 0.35~0.58、0.08~0.13、0.15~0.24 kg,N₂ 处理为最优

处理,三要素(N : P₂O₅ : K₂O)平均比例为 1 : 0.24 : 0.44。与以往研究相差甚远,孙虹等^[12]指出芽菜整个生育期施肥 4 次,每 667 m² 施 N、P₂O₅、K₂O 分别为 10、5、10 kg,陈清平等^[13]指出,在 5 月下旬至 6 月初每 667 m² 可追肥玉泉生物复合肥 25 kg+磷酸二铵 10 kg+尿素 10 kg+硫酸钾 10 kg,后期追肥 4~5 次,氮、磷、钾配比为 4 : 1.75 : 1,每生产 1 000 kg 鲜菜需纯氮 80 kg,纯磷

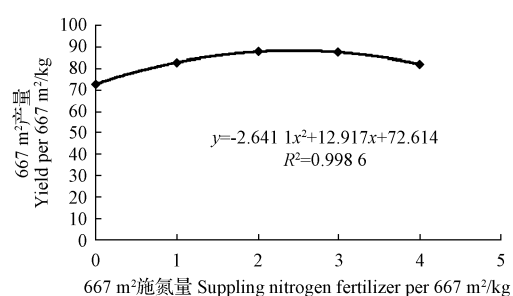


图3 不同氮素水平对叶用枸杞叶芽产量的影响

Fig. 3 Effect of different ratio of nitrogen fertilizer application on sprout production

35 kg, 纯钾 20 kg。这可能与叶用枸杞品种、土壤肥力等因素有关,也可能与生育期有关,该研究针对于叶用枸杞春季施肥用量、叶芽产量及养分积累。

参考文献

- [1] 李时珍.本草纲目(下)[M].北京:人民卫生出版社,1981:897-899.
- [2] 张德纯,王德槟,马宾生,等.北京地区菜用枸杞的保护地栽培[J].中国蔬菜,1998(4):45-46.

- [3] 彭晓东,沈泳,李锋,等.枸杞多糖对电刺激离体蟾蜍腓肠肌疲劳的影响[J].中草药,2000,31(5):356-358.
- [4] 赵康,孟亚东,蒲公英、枸杞菜营养成分分析[J].扬州大学烹饪学报,2005(3):27-28.
- [5] 王凤宝,付金锋,董立峰,等.菜用枸杞品种筛选及营养品质分析[J].中国蔬菜,2011(6):80-83.
- [6] 李润淮,石志刚,安巍,等.菜用枸杞新品种宁杞菜1号[J].中国蔬菜,2002(5):48.
- [7] 朱立新,景蒙,李和平.菜用枸杞的引种试验与日光温室栽培技术研究[J].中国农学通报,2006,22(12):236-240.
- [8] 贺小秀.野生菜用枸杞栽培技术[J].中国林副特产,2009,103(6):55-56.
- [9] 李跃森,吴水金,赖正锋,等.菜用枸杞周年生产技术[J].福建农业科技,2013(10):22-23.
- [10] 康振中,刘国庆.叶用枸杞的生产试验初报[J].安徽农学通报,2012,18(19):82-83.
- [11] 高艳明,李建设,刘菊莲.基于银川地区水质的叶用枸杞营养液配方优选[J].北方园艺,2010(15):105-109.
- [12] 孙虹,方俊华,彭国良.2个菜用枸杞品种特性及栽培技术[J].浙江农业科学,2005(4):259-260.
- [13] 陈清平,谢施神.无公害叶用枸杞规范化栽培技术[J].宁夏农林科技,2005(2):56-57.

Effect of Nitrogen Fertilizer Application on the Accumulation of NPK and Yield for Leaf Wolfberry

WANG Rong¹, WANG Wei¹, WANG Yali¹, WANG Jintao¹, SI Guangyi²

(1. Wolfberry Engineering and Technological Research Center of State Forestry Administration, Yinchuan, Ningxia 750004; 2. Helan Forestry Bureau, Yinchuan, Ningxia 750200)

Abstract: Taking 'Leaf No. 1' wolfberry as test material, the effect of nitrogen fertilizer application on the accumulation of NPK and yield was studied, and the field experiment was conducted at Senmiao Modern Forestry Science and Technology Park of Jinfeng District in Yinchuan of Ningxia. The results showed that increasing the amount of nitrogen fertilizer had a role in promoting absorption of NPK. Under all experimental condition, producing every 100 kg leaf wolfberry sprout need N 0.35—0.58 kg, P_2O_5 0.08—0.13 kg and K_2O 0.15—0.24 kg, and the proportion of N, P_2O_5 , K_2O was 1 : 0.24 : 0.44. When nitrogen application rate reached 2.18 kg per 667 m², the maximum biological production per 667 m² could be 313.89 kg, and nitrogen per 667 m² reached 2.45 kg, the maximum production per 667 m² could be 88.41 kg. The best economic yield per 667 m² was 88.40 kg when nitrogen fertilization per 667 m² was 2.40 kg.

Keywords: leaf wolfberry; NPK; yield

DOI:10.11937/bfyy.201611043

加工专用型辣椒新品种“新椒 29 号”的选育

张 建 文, 董 洁, 阿 依 夏 木 · 托 乎 提, 颜 秀 芝, 楚 金 萍

(巴音郭楞蒙古自治州农业科学研究院, 新疆 库尔勒 841000)

摘 要:“新椒 29 号”是采用系谱法选育的加工专用型辣椒品种。该品种属中晚熟品种, 植株生长势强, 叶色深绿, 株高 60~90 cm, 始花节位第 10~12 节, 门椒至地面的高度为 25.3 cm。果实长羊角形, 果长 13~18 cm, 宽 2.6~3.3 cm, 干椒单果质量 4.3 g, 青熟果深绿色, 老熟果紫红色, 色泽光亮, 表皮光滑, 色价为 13.2, 符合加工的需要。一般每 667 m² 产量达 450 kg 以上, 适合于新疆焉耆盆地及类似区域地膜覆盖育苗移植栽培。

关键词:加工型辣椒; 新品种; “新椒 29 号”; 选育

中图分类号:S 641.303.3 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0009(2016)11-0164-02

近年来, 新疆加工型辣椒产业发展迅速, 干制辣椒种植规模迅速扩大, 但目前生产中多以传统常规品种或国外品种居多, 缺乏本土品种。常规品种经多年种植, 种性退化严重, 产量低, 抗病性不强, 而国外品种价位较高, 不能满足目前辣椒的生产和市场需求。为加快新疆加工型辣椒品种更新换代, 促进加工型辣椒产业进一步持续稳定发展, 巴音郭楞蒙古自治州农业科学研究院辣椒课题组开展了加工型辣椒新品种选育工作。

1 选育过程

2009 年在新疆和静县巴润哈尔莫墩镇生产大田中株选“美国红”辣椒后代, 2010 年种植 1 个株行共 50 个单株, 从中选出 5 份与“美国红辣椒”形状有明显差异性状和产量优良的单株, 2011 年种植 5 个株行进行观察, 从中选出 2 份单株材料, 2012 年种植 2 个株行进行观察

比较, 2 个株行性状较稳定, 株行内植株之间差异不明显, 收取株系种子于 2013—2014 年进行品系比较试验和小面积生产示范。

2 选育结果

2.1 农艺性状调查

“新椒 29 号”生长势强, 田间调查以“大将”为对照, 由表 1 可知, “新椒 29 号”果实长羊角形, 青熟果深绿色, 老熟果紫红色, 色泽光亮, 表皮光滑, 平均单穴挂果 27.95 个, 平均鲜单椒重 25 g, 干椒 4.3 g。果长 13~18 cm, 果粗 2.6~3.3 cm。叶片中大, 叶色深绿, 株高 60~90 cm, 始花节位为第 10~12 节, 适应性、丰产性和抗病性较强, 与对照“大将”相比, 平均单穴挂果比对照多 7 个, 平均单椒重比对照“大将”重 1.54 g, 比对照“大将”晚熟 10 d 左右, 属中晚熟品种。

表 1 “新椒 29 号”主要农艺性状调查

品种	株高/cm	单穴挂果/个	果形	青椒果色	红椒果色	果长/cm	果宽/cm	鲜椒重/g	干椒重/g	门椒高度/cm	始花节位/节
“新椒 29 号”	60~90	27.95	长羊角形	深绿色	紫红色	13~18	2.6~3.3	25	4.30	25.3	10~12
“大将”(CK)	65~80	20.96	长羊角形	青绿色	亮红	13	2.4	11	2.76	22.0	9~12

2.2 丰产性

2.2.1 品种比较试验 2013—2014 年分别在新疆焉耆盆地和静县、和硕县、焉耆县进行多点试验, 以“大将”为对照(CK)。采用日光温室穴盘基质育苗, 2 月下旬播种, 4 月下旬至 5 月上旬定植, 采用地膜滴管栽培; 试验

采取随机区组排列, 设 3 次重复, 双行双株种植, 小区面积 11 m², 株行距 (22~25) cm × (55~60) cm, 每小区 90 株。辣椒采收后自然晾晒, 以干椒产量计产比较。由表 2 可知, “新椒 29 号”667 m² 平均产量 438.18 kg, 比对照“大将”CK(365.26 kg)增产 19.96%, 达差异极显著水平。

2.2.2 生产示范 2013—2014 年分别在焉耆盆地和静县、和硕县、焉耆县进行了生产示范, 示范地栽培管理措施与大田管理一致, 示范面积为 6 670~10 005 m², 以“大将”为对照。由表 3 可知, “新椒 29 号”667 m² 平均产量为 465.10 kg, 比对照增产 16.83%。

第一作者简介:张建文(1972-), 男, 硕士, 助理研究员, 现主要从事加工辣椒新品种选育及栽培技术等研究工作。E-mail:1220743143@qq.com.

责任作者:楚金萍(1961-), 女, 本科, 研究员, 现主要从事加工辣椒新品种选育及栽培技术等研究工作。E-mail:1099437758@qq.com.

收稿日期:2016-02-14

表 2 “新椒 29 号”产量品比试验

年份	地点	667 m ² 产量/kg		比 CK/±%
		“新椒 29 号”	“大将”(CK)	
2013	和静	418.51	357.74	16.99*
	和硕	409.61	342.93	19.44*
2014	和静	470.58	383.64	22.66*
	焉耆	454.02	376.36	20.63*
平均		438.18	365.26	19.96*

注: * 表示与 CK 的差异达到极显著水平。

表 3 “新椒 29 号”品种生产示范情况

地点	品种	干椒 667 m ² 产量/kg	比 CK/±%
和静	“新椒 29 号”	488.35	19.66
	“大将”(CK)	408.12	
和硕	“新椒 29 号”	475.23	21.84
	“大将”(CK)	390.05	
焉耆	“新椒 29 号”	431.72	14.81
	“大将”(CK)	376.03	
平均	“新椒 29 号”	465.10	16.83
	“大将”(CK)	391.40	

2.3 品种抗病性

巴音郭楞蒙古自治州农业技术推广中心植保站对“新椒 29 号”做了抗病性田间鉴定,对辣椒常见病害病毒病和白粉病进行调查,发现“新椒 29 号”生长正常,抗病性较强。

3 品种特征特性

“新椒 29 号”为中晚熟品种,生长势强,叶片中大,叶色深绿,株高 60~90 cm,始花节位为第 10~12 节,门椒至地面的高度为 25.3 cm。果实长羊角形,果长 13~18 cm,果粗 2.6~3.3 cm,平均鲜单椒重 25 g,干椒 4.3 g。青熟果深绿色,老熟果紫红色,色泽光亮,表皮光滑,适宜在新疆焉耆盆地及类似地区作地膜覆盖育苗移植栽培。抗病性、商品性好,丰产稳产,适应性强,一般每 667 m² 产量 450 kg 以上,适宜干制加工。

4 栽培技术要点

在新疆焉耆盆地种植,要做好轮作倒茬工作,至少

3~5 年轮作 1 次。目前多采用测土配方施肥确定施肥种类和数量,结合整地适当多施有机肥;在生产中多采用穴盘育苗移栽,一般 2 月底播种,4 月底定植,667 m² 种植密度为 13 320~14 800 株(每穴 2 株)。适宜的行距为 40~60 cm。定植后及时浇定植水,整个生育期根据辣椒生长情况及时追施肥料,增施磷钾肥,合理施用氮肥,使植株健壮生长,增强抗病能力。整个生育期加强病虫害防治。化学防治时采用高效低毒农药,注意农药的交替使用和安全间隔期。8 月下旬停水,以避免辣椒贪青,促进椒果成熟。

5 采收

9 月底至 10 月初,辣椒完全转红后一次性采收,枯霜期前采收完毕。收获时避免挤压椒果,以免造成机械伤。采后自然晾晒,摊晒厚度不超过 20 cm,晾晒时要勤翻动。干椒含水量达 14%~18%时筛选分级。

Breeding of a New Processing-Purpose Hot Pepper Variety ‘Xinjiao 29’

ZHANG Jianwen,DONG Jie,Ayixiamu • TUOHUTI,YAN Xiuzhi,CHU Jinping
(Bayinguolin Mongol Autonomous Prefecture Institute of Agricultural Sciences,Korla,Xinjiang 841000)

Abstract: ‘Xinjiao 29’ is a middle late-maturing pepper variety for processing bred using pedigree method, which has strong vigor and deep green leaf. The variety is 60—90 cm in plant height, 25.3 cm in height from ground to the door pepper, and its initial node of flower bud appears from 10th—12th node. Fruit of ‘Xinjiao 29’ is horn shaped with 13—18 cm in length, 2.6—3.3 cm in width, and 4.3 g in average weight. Green-matured fruit is deep green, but the fully matured is purple-red in color with bright and smooth skin. Color value of the variety reaches 13.2, which meets to the need of processing. Yield per 667 m² of ‘Xinjiao 29’ exceeds 450 kg. This variety is suitable for cultivation in the Yanqi Basin, Xinjiang and similar areas after growing seedlings with plastic mulching and transplanting.

Keywords: processing pepper; new variety; ‘Xinjiao 29’; breeding

土地利用方式对土壤微生物生物量碳和土壤养分的影响

郭月峰¹, 祁伟^{1,2}, 姚云峰¹, 高玉寒¹, 张美丽¹

(1. 内蒙古农业大学 生态环境学院, 内蒙古 呼和浩特 010011; 2. 内蒙古水利水电勘测设计院, 内蒙古 呼和浩特 010020)

摘要:以天然草地、由天然草地转化成的农用坡耕地和 22 年生小叶杨人工林 3 种土地利用方式为研究对象, 分析了土壤微生物生物量碳与土壤养分的变化规律, 以揭示土壤微生物生物量碳与土壤养分对不同土地利用方式的响应规律, 为内蒙古农牧交错带的生态建设提供依据。结果表明: 不同土地利用方式明显影响土壤微生物生物量碳的含量, 且 3 种不同土地利用方式土壤微生物生物量碳含量差异显著 ($P < 0.05$), 表现为 22 年生小叶杨人工林 > 天然草地 > 农用坡耕地; 不同土地利用方式土壤微生物生物量碳的垂直分布表现为随土壤深度的增加而降低; 土壤微生物生物量碳与速效钾、全氮、pH 以及容重呈显著相关关系, 说明土壤微生物生物量碳可作为衡量土壤质量变化的重要敏感指标。

关键词:土壤微生物生物量碳; 土壤养分; 土地利用变化

中图分类号:S 154.33 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)11-0166-04

不同土地利用方式对土壤有机碳的动态影响研究是目前气候环境变化研究的热点^[1-2]。土地利用的改变不仅直接影响土壤有机碳的含量及其分布, 还间接影响土壤有机碳的变化, 如通过影响土壤有机碳形成与转化因子而间接影响土壤有机碳^[3]。只占土壤有机碳含量很少比例的土壤微生物生物量碳, 其对周围土壤环境变化非常敏感, 较土壤有机碳相比而言, 其周转率更大也更短, 所以土壤微生物生物量碳能在检测到土壤总有机碳含量变化之前反映出土壤有机质的变化。有研究表明, 土地利用变化是影响土壤微生物生物量碳的重要因子之一^[4-5]。近年来, 不合理土地利用方式彻底改变了我国北方农牧交错带生态系统的组成, 但关于该区域土地利用方式如何影响土壤微生物生物量碳的研究鲜见报道。因此, 该试验研究了北方农牧交错带不同土地利用方式对土壤微生物生物量碳与土壤养分的影响, 以期为进一步研究和合理估算土地利用类型对土壤有机碳的影响提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区位于北方农牧交错带典型流域——内蒙古

第一作者简介:郭月峰(1982-), 女, 博士, 讲师, 研究方向为荒漠化防治。E-mail: guoyuefeng0525@126.com

责任作者:姚云峰(1959-), 男, 博士, 教授, 博士生导师, 现主要从事荒漠化和水土保持等研究工作。E-mail: 18904718855@163.com

基金项目:国家自然科学基金资助项目(31500584); 内蒙古自然科学基金资助项目(2016MS0407); 内蒙古应用研究与开发计划资助项目(20110732); 内蒙古自治区高等学校科学研究资助项目(NJZZ16055)。

收稿日期:2016-02-14

赤峰市敖汉旗黄花甸子流域, 地处北纬 $42^{\circ}17' \sim 42^{\circ}33'$, 东经 $119^{\circ}36' \sim 119^{\circ}53'$ 。属中温带半干旱大陆性季风气候。年平均气温 7.5°C , 极端最高温 39.7°C , 极端最低温 -30.7°C , 年平均降水量 435 mm。植被以人工植被为主。

黄花甸子流域位于中国北方农牧交错区, 流域面积约 32 km^2 , 海拔 $440 \sim 906\text{ m}$ 。土壤主要以栗钙土居多, 风沙土次之, pH 在 8 以上。20 世纪 80 年代前后, 该地区进行了大量的开垦与采伐和人工植被的更新, 形成了天然草地、人工林和由天然草地开垦而来的农地等多样的土地利用类型。

1.2 研究对象

以 22 年生小叶杨人工林、农用坡耕地和天然草地 3 种土地利用类型为研究对象。其中人工林是由原天然草地人工更新种植而成, 农用坡耕地是 17 世纪 90 年代末由原天然草地开垦而成。

1.3 试验方法

兼顾地形要素基本一致的地段设立采样区, 在 22 年生小叶杨人工林固定样地内, 分别设置 3 个 $20\text{ m} \times 20\text{ m}$ 的标准地, 每个标准地内沿对角线及中心分别布置一个采样点。农用坡耕地和天然草地兼设置 3 个 $20\text{ m} \times 20\text{ m}$ 的标准地, 每个固定标准地内随机布设 5 个固定采样点。每个采样点均按 $0 \sim 10$ 、 $10 \sim 20$ 、 $20 \sim 40$ 、 $40 \sim 60$ 、 $60 \sim 100\text{ cm}$ 分层采样。样土分成 2 份: 1 份用于测定土壤微生物生物量碳; 另 1 份用于测定土壤其它理化性质。

1.4 项目测定

土壤微生物生物量碳含量采用氯仿熏蒸浸提法^[6]测定; 土壤容重采用环刀法测定; 自然含水率采用烘干

法(105 ℃)测定。

全氮含量采用半微量开氏蒸馏法测定;有效磷含量采用碳酸氢钠浸提钼锑抗比色法测定;速效钾含量采用乙酸氨浸提火焰光度法测定;pH 采用 pH 酸度计电位法测定^[7]。

1.5 数据分析

采用 Excel 2003 和 SPSS 13.0 进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 不同土地利用方式下的土壤理化性质

由表 1 可知,不同的土地利用类型可导致不同的土壤容重差异,如研究区土壤容重在 1.37 ~ 1.58 g·cm⁻³。反映出受人为干扰因素影响较少的 22 年生小叶杨人工林地的土壤容重总体低于天然草地和农用坡耕地。不同的植被类型,由于其根系分布深度

以及密度等不同,导致土壤蒸发和植被蒸腾之间的差异,进而导致不同用地方式下土壤含水率不同,以林地居高,草地次之,农用坡耕地最小。土壤 pH 在 8.21 ~ 8.69,表现出农用坡耕地>天然草地>22 年生小叶杨人工林。养分含量总体呈现出林地高于草地和农地。

2.2 不同土地利用方式对土壤微生物生物量碳含量的影响

从表 2 可以看出,用地方式的不同导致土壤微生物生物量碳的含量的差异明显。0~100 cm 土层含量均值表现为 22 年生小叶杨人工林>天然草地>农用坡耕地。其中农用坡耕地的土壤微生物生物量碳含量分别比 22 年生小叶杨人工林和天然草地低 52.91% 和 34.45%。天然草地的土壤微生物生物量碳含量比 22 年生小叶杨人工林低 28.16%。

表 1 不同土地利用类型土壤理化性质

Table 1 Soil physicochemical properties in different land use types

样品编号 Site symbol	土壤深度 Soil depth/cm	容重 Bulk density/(g·cm ⁻³)	含水率 Moisture/%	pH	全氮 TN/(g·kg ⁻¹)	有效磷 AP/(mg·kg ⁻¹)	速效钾 AK/(mg·kg ⁻¹)
天然草地 Natural grassland	0~10	1.40±0.06	31.77±2.06	8.55±0.08	0.66±0.03	0.90±0.02	98.68±8.45
	10~20	1.38±0.07	20.44±3.03	8.58±0.12	0.43±0.05	0.87±0.04	85.42±7.03
	20~40	1.43±0.16	22.38±1.07	8.61±0.04	0.38±0.16	0.56±0.13	81.24±9.26
	40~60	1.52±0.08	10.85±0.18	8.62±0.03	0.33±0.17	0.41±0.11	80.61±6.07
	60~100	1.54±0.12	10.11±0.36	8.61±0.07	0.17±0.28	0.33±0.04	80.14±4.92
22 年生小叶杨人工林 22-year-old <i>P. simonii</i> forest	0~10	1.37±0.18	35.15±2.76	8.21±1.01	0.76±0.34	3.35±0.47	91.65±9.78
	10~20	1.40±0.13	24.64±1.30	8.57±0.07	0.67±0.15	3.41±0.42	84.37±6.91
	20~40	1.41±0.07	19.42±3.01	8.59±0.18	0.51±0.07	2.92±0.37	80.19±7.33
	40~60	1.46±0.02	13.18±3.11	8.61±0.11	0.42±0.14	2.42±0.17	79.76±8.98
	60~100	1.51±0.02	12.57±1.49	8.64±0.05	0.23±0.26	0.87±0.25	77.43±7.69
农用坡耕地 Agricultural land	0~10	1.39±0.16	24.50±3.64	8.50±0.25	0.63±0.98	1.72±0.03	85.32±5.04
	10~20	1.41±0.09	23.78±3.01	8.55±0.43	0.44±0.04	1.21±0.05	84.01±3.09
	20~40	1.38±0.04	20.15±2.08	8.57±0.07	0.32±0.16	0.67±0.07	80.18±8.85
	40~60	1.42±0.07	18.64±2.15	8.60±0.16	0.24±0.32	0.32±0.04	80.13±4.35
	60~100	1.58±0.08	12.51±1.13	8.69±0.37	0.21±0.81	0.21±0.02	78.64±8.07

注:数据为平均值数值±标准误,下同。

Note: Data are expressed as mean±standard error, the same below.

表 2 不同土地利用类型土壤微生物生物量碳含量

Table 2 Soil microbial biomass carbon in different land use types

样品编号 Site symbol	土壤深度 Soil depth/cm	土壤微生物生物量碳 microbial organic carbon/(mg·kg ⁻¹)
天然草地 Natural grassland	0~10	524.36±14.35
	10~20	321.84±22.05
	20~40	306.31±32.88
	40~60	215.06±9.09
	60~100	91.22±10.17
均值 The mean		291.76a
22 年生小叶杨人工林 22-year-old <i>P. simonii</i> forest	0~10	642.20±22.01
	10~20	423.81±10.11
	20~40	298.54±14.81
	40~60	206.63±12.69
	60~100	127.86±22.08
均值 The mean		406.12b
农用坡耕地 Agricultural land	0~10	307.39±18.75
	10~20	286.58±7.64
	20~40	185.46±8.59
	40~60	94.33±11.27
	60~100	82.45±9.73
均值 The mean		191.24c

土壤微生物生物量碳含量因土地利用方式的不同导致其含量在土壤垂直剖面上的分布差异,并表现出一定的规律性(表 2)。不同用地方式下的土壤微生物生物量碳的含量均随土层加深而减少,表现出一定的表聚性。例如,22 年生小叶杨人工林、天然草地和农用坡耕地的 0~20 cm 土层土壤微生物生物量碳含量分别占 62.74%、58.01% 和 62.12%。

2.3 土壤微生物生物量碳与土壤养分的相关分析

由表 3 可知,土壤微生物生物量碳与速效钾、全氮呈显著或极显著正相关,与容重和 pH 呈显著或极显著负相关,与含水率呈弱相关性。

3 讨论与结论

土地利用方式的改变与土壤碳库的变化关系密切。土地利用方式的不同,导致进入土壤外源物质的不同,而且不同用地方式引起土壤管理措施的不同,进而可以影响和改变土壤微生物生物量碳的含量^[8]。天然植被

表 3

土壤微生物生物量碳与土壤养分的相关系数

Table 3

Correlation coefficients among soil microbial organic carbon and nutrients

	全氮 TN	有效磷 AP	速效钾 AK	pH	容重 Bulk density	含水率 Moisture
土壤微生物生物量碳 Soil microbial organic carbon	0.752**	-0.392	0.530*	-0.640**	-0.484*	0.352

注:*表示在0.05水平上差异显著,**表示在0.01水平上差异显著。

Note: Sample size n=300, (*) P<0.050, (**) P<0.01.

改变土地利用方式后土壤微生物生物量碳含量发生改变,草地变成人工林后土壤微生物生物量碳含量升高明显,天然草地进行耕作后土壤微生物生物量碳含量下降明显。这主要是由于天然草地变为人工林后,林木凋落物、根系脱落物和根系分泌物对土壤碳库的不断补充,因而导致有机碳含量高。天然草地变为农用坡耕地后,土壤受人为干扰的影响最大,作物产生的有机物质大部分被移走,在多年没有施入外肥的情况下,有机质输入减少导致有机碳得不到补充^[9],土壤温度高等物理条件的改变加速了有机碳的分解。天然草地受人为扰动较轻,养分流失相对农用坡耕地要小,该研究结果与已有的研究结果基本一致^[10]。

该研究结果显示,尽管土地利用变化明显的影响了土壤微生物生物量碳的含量,但是并没有影响其垂直分布变化趋势,3种土地利用类型的土壤微生物生物量碳均随着土壤深度的增加而降低。这可能主要与植物根系分布、产生凋落物数量和质量及其与土壤有机碳的相关程度有关。对于一定深度的土层而言,土壤微生物生物量碳总体表现出22年生小叶杨人工林>天然草地>农用坡耕地。这可能因为乔木树种小叶杨扎根相对较深,受土壤表层形成的残体或根系分泌物多等的影响,所以同层土壤的土壤微生物生物量碳形成量就比农田和草地多。此外,土壤微生物生物量碳在垂直剖面方向上呈现出相同的规律,因为土壤中大多数微生物属于有机营养性,这导致土壤微生物生物量碳的降低。

该研究结果表明,土壤微生物生物量碳与全氮呈极显著正相关,与已有研究结果相一致。土壤磷增多能够促进植物根系生长,但是有效磷浓度增加土壤微生物生物量碳含量反而减少,过量的有效磷是否会限制微生物活动,具体原因有待于进一步分析。土壤pH通常被认为是调节土壤微生物群体结构和活性的主要因子。有研究表明^[10]在一定范围内,土壤微生物量与pH呈显著正相关关系,而该研究结果则呈极显著的负相关关系,这可能与他人研究的土壤样品pH多在4.5~5.4之间呈酸性有关,而该研究土壤pH均在8.2以上。虽然可能因供试土壤样品pH背景值不同而导致结果稍有差

别,但均说明了pH与土壤微生物生物量碳之间相关显著,说明酸碱程度可能是限制微生物活动的决定性因子。

该试验研究比较了北方农牧交错带典型流域3种土地利用类型对土壤微生物生物量碳和土壤养分的影响。结果表明,土地利用变化显著地影响土壤微生物生物量碳含量,表现为22年生小叶杨人工林>天然草地>农用坡耕地,且差异显著(P<0.05)。不同用地方式下的土壤微生物生物量碳含量均随土层的加深而下降。土壤微生物生物量碳与全氮、速效钾呈极显著或显著正相关;与容重和pH呈显著或极显著负相关。研究结果表明土壤微生物生物量碳可作为衡量土壤有机碳变化的敏感指标。

参考文献

- [1] WATSON R T, NOBLE I R, BOLIN B, et al. Land use, land use change, and forestry: A special report of the IPCC[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2000: 189-217.
- [2] HOUGHTON J T, DING Y, GRIGGS D J, et al. Climate change 2001: The scientific basis: Contribution of working group I to the third assessment report of the intergovernmental panel on climate change[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2001: 185-237.
- [3] 王艳芬, 陈佐忠, LARRY T, 等. 人类活动对锡林郭勒地区主要草原土壤有机碳分布的影响[J]. 植物生态学报, 1998, 22(6): 545-551.
- [4] 郭月峰, 姚云峰, 秦富仓, 等. 不同植被下土壤养分与有机质灰色关联分析[J]. 农机化研究, 2014, 36(2): 36-30.
- [5] 方丽娜, 杨效东, 杜杰. 土地利用方式对西双版纳热带森林土壤微生物生物量碳的影响[J]. 应用生态学报, 2011, 22(4): 837-844.
- [6] KUSHWAHA C P, TRIPATHI S K, SINGH K P. Variations in soil microbial biomass and N availability due to residue and tillage management in a dryland rice agroecosystem[J]. Soil and Tillage Research, 2000, 56: 153-166.
- [7] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [8] SHARMMA P, RAI S C, SHARMA R, et al. Effect of land use change on soil microbial C, N and P in a Himalayan Watershed[J]. Pedobiologia, 2004, 48: 83-92.
- [9] 王莹, 阮宏华, 黄亮亮, 等. 围湖造田不同土地利用方式土壤水溶性有机碳的变化[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2010, 34(5): 109-114.
- [10] BLAIR G J, CROCKR G J. Crop rotation effects on soil carbon and physical fertility of two Australian soil[J]. Australian Journal of Soil Research, 2000, 38: 71-84.

Effect of Land Use Changes on Soil Microbial Biomass Carbon and Soil Nutrients

GUO Yuefeng¹, QI Wei^{1,2}, YAO Yunfeng¹, GAO Yuhua¹, ZHANG Meili¹

(1. College of Ecology and Environmental Science, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot, Inner Mongolia 010011; 2. Design Institute of Water Conservancy and Hydroelectric Power in Inner Mongolia, Hohhot, Inner Mongolia 010020)

绿肥间作模式对苹果园土壤养分含量的影响

秦景逸¹, 张云¹, 王秀梅¹, 隋伟策¹, 陆彪²

(1. 新疆农业大学, 新疆 乌鲁木齐 830052; 2. 特克斯县林业局, 新疆 伊犁 835500)

摘 要:以伊犁地区特克斯县苹果园间作的 4 种绿肥红豆草、紫花苜蓿、黄豆和小麦为研究对象,以清耕园为对照,通过对土壤中有机质、速效氮、速效磷和速效钾含量的测定,比较分析了果园间作不同绿肥对土壤矿质营养垂直分布的影响,并对 4 种绿肥的培肥效果进行了比较。结果表明:苹果园间作不同绿肥后土壤中有机质、速效氮、速效磷和速效钾的含量均高于清耕园,土壤养分垂直梯度(0~20、20~40、40~60、60~80、80~100 cm)变化研究发现,随着土层深度的增加土壤养分含量呈下降趋势,通过进一步土壤养分综合评价,认为该地苹果园最适宜的间作物为紫花苜蓿;4 种间作绿肥的培肥效果依次是紫花苜蓿>红豆草>黄豆>小麦>清耕。

关键词:绿肥;间作;土壤肥力;矿质营养

中图分类号:S 661.106⁺.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)11-0169-04

目前伊犁地区绝大部分果园缺肥现象严重,树势弱,优质果品率低,市场竞争力弱。有些果园常年依赖化肥,导致土壤肥力下降,硬化板结,有机肥严重不足从而引发一系列问题。绿肥种植具有提供养分、培肥地力、改善土壤结构、提供饲草等作用,在我国传统农业中具有重要的发展意义^[1]。通过在果园间作绿肥可以显著提高土壤有机质、矿质营养含量进而增强树势,提高果实品质。近几年,间作绿肥取得了许多有价值

的研究成果,很多研究者从绿肥种类选择^[2]、应用栽培模式^[3]、绿肥间作效益^[4]等方面进行了大量的研究工作。吴湘琳等^[5]分析了南疆枣麦间作模式下的土壤养分垂直分布规律,结果表明枣麦间作模式对近枣树带区(50~100 cm)和小麦作物区(100~200 cm)土壤养分的影响较大。李银平等^[6]通过 3 种不同绿肥在连作棉田上的压青试验,发现沙打旺的培肥效果最好,可作为与棉花间作或轮作倒茬的最佳绿肥。刘国顺等^[7]、姜培坤等^[8]研究表明,种植绿肥可显著提高土壤有机质、速效氮含量。伊犁地区大力发展特色林果业,但果园立地条件差,然而传统的苹果园管理模式存在诸多弊端,如何在现有耕地的基础上合理培肥土壤,已迫在眉睫。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于伊犁地区特克斯县境内,地处天山北麓西

第一作者简介:秦景逸(1993-),女,硕士研究生,现主要从事植物栽培及土壤营养含量等研究工作。E-mail:1053415763@qq.com.

责任作者:张云(1965-),女,硕士,副教授,硕士生导师,现主要从事植物繁殖生物学及种质资源应用等研究工作。E-mail:1053415763@qq.com.

基金项目:国家林业公益性行业科研专项资助项目(201304714)。

收稿日期:2016-02-15

Abstract: The objectives are to understand the laws how soil microbial biomass carbon and soil nutrients respond to different land use patterns, and thus to provide a basis for eco-construction in the agro-pasture zigzag zone in Inner Mongolia. Three land use patterns were studied, including natural grassland, sloping cropland converted from natural grassland, and 22-year-old *Populus simonii* man-made forest. The changing laws of both soil microbial biomass carbon and soil nutrients were studied. The results showed that land use patterns significantly affected the soil microbial biomass carbon contents and the effects were significantly different among land use patterns, 22-year-old *P. simonii* forest > natural grassland > sloping cropland. As for the vertical distribution, soil microbial biomass carbon contents declined with the increase of soil depth for each land use pattern. Soil microbial biomass carbon content was significantly correlated with available K(AK) content, total N(TN) content, pH and bulk density, indicating soil microbial biomass carbon could be used as a sensitive indicator to measure the changes of soil quality.

Keywords: soil microbial biomass carbon; soil nutrients; land use changes

部特昭盆地东端,隶属伊犁哈萨克自治州,东经 $81^{\circ}58'59.77''$, 北纬 $43^{\circ}14'6.32''$,海拔 1 100 m,属典型的北温带大陆性气候,全县年平均气温 5.3°C ,极端最高气温 36.7°C ,极端最低气温 -33.4°C ,年均日照时数 2 732.2 h,日光资源丰富。土壤类型属砂壤性土。

1.2 试验材料

选用 5 年生成年“红富士”苹果,株行距 $3\text{ m}\times 7\text{ m}$ 。

1.3 试验方法

1.3.1 试验设计 2014 年春季选用 7 年生成年果园间作不同绿肥红豆草(*Onobrychis Viciaefolia* Scop.)、紫花苜蓿(*Medicago Sativa* L.)、黄豆(*Glycien mar* Merr.)、小麦(*Friticum Sativum* Lam.),以清耕作为对照,每个小区面积为 $30\text{ m}\times 7\text{ m}$,每区 10 株“红富士”苹果,冠下土壤管理措施相同。

1.3.2 土壤样品采集 于 2015 年 4 月 15 日进行土样采集,土样采集采用定点定位分层的取样方法,分别在每个小区冠下和行间挖掘深 $1.0\text{ m}\times 1.0\text{ m}\times 1.0\text{ m}$ 土壤剖面,在土壤剖面中按不同深度 $0\sim 20$ 、 $20\sim 40$ 、 $40\sim 60$ 、 $60\sim 80$ 、 $80\sim 100\text{ cm}$ 进行土样采集,然后装入铝盒带回实验室进行分析。

1.4 项目测定

有机质含量采用重铬酸钾外加热法测定,速效氮含量采用碱解扩散法测定,速效磷含量采用钼锑抗比色法测定,速效钾含量采用火焰光度计法测定。

1.5 数据分析

利用 Excel 2007 软件对土壤测定结果进行整理计算,采用 SPSS 22.0 软件分析样本方差。

2 结果与分析

2.1 间作不同绿肥对土壤不同深度矿质营养含量的影响

2.1.1 间作不同绿肥对 $0\sim 20\text{ cm}$ 土壤层矿质营养含量的影响 由图 1 可知,间作不同绿肥能有效的提高 $0\sim$

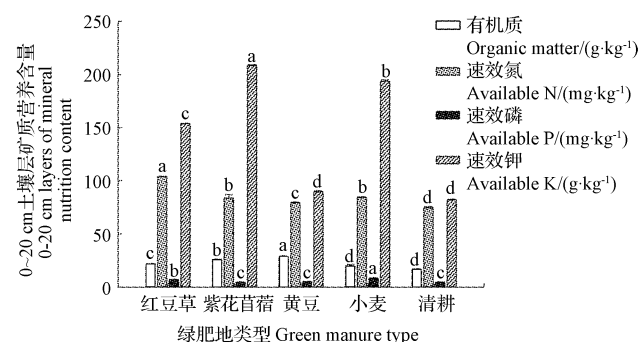


图 1 间作不同绿肥对 $0\sim 20\text{ cm}$ 土壤层矿质营养含量的影响

Fig. 1 Effect of interplanting green manure on $0\sim 20\text{ cm}$ soil layer mineral nutrient content

20 cm 层矿物质元素含量,其中有机质含量最高的是间作黄豆的地块,有机质含量达 $28.6\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,比清耕高出了 $11.01\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。速效氮含量最高的是间作红豆草的地块,速效氮含量达 $104.06\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,比清耕高出了 $29.39\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。速效磷含量最高的是间作小麦的地块,速效磷含量达 $8.09\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,比清耕高出了 $3.58\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。速效钾含量最高的是间作紫花苜蓿的地块,速效钾含量达 $208.68\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,是清耕的 2 倍还多。

2.1.2 间作不同绿肥对 $20\sim 40\text{ cm}$ 土壤层矿质营养含量的影响 由图 2 可知,间作不同绿肥能有效的提高 $20\sim 40\text{ cm}$ 层矿物质元素含量,其中有机质含量最高的是间作紫花苜蓿的地块,有机质含量达 $25.06\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,比清耕高出了 $13.43\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。速效氮含量最高的是间作红豆草的地块,速效氮含量达 $84.39\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,比清耕高出了 $35.88\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。速效磷含量最高的是间作红豆草的地块,速效磷含量达 $6.33\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,比清耕高出了 $2.48\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。速效钾含量最高的是间作红豆草的地块,速效钾含量达 $139.27\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,是清耕的 2 倍还多。

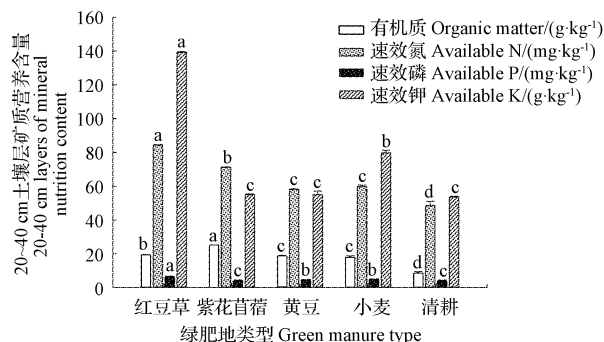


图 2 间作不同绿肥对 $20\sim 40\text{ cm}$ 土壤层矿质营养含量的影响

Fig. 2 Effect of interplanting green manure on $20\sim 40\text{ cm}$ soil layer mineral nutrient content

2.1.3 间作不同绿肥对 $40\sim 60\text{ cm}$ 土壤层矿质营养含量的影响 由图 3 可知,间作不同绿肥能有效的提高 $40\sim 60\text{ cm}$ 层矿物质元素含量,其中有机质含量最高的是间作黄豆的地块,有机质含量达 $16.99\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,比清耕高出了 2 倍还多。速效氮含量最高的是间作紫花苜蓿和小麦的地块,速效氮含量达 $53.26\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 和 $54.08\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,比清耕高出了 $13.72\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。在 $40\sim 60\text{ cm}$ 层间作各绿肥对速效磷的含量变化均不明显。速效钾含量最高的是间作红豆草的地块,速效钾含量达 $80.20\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,比清耕高出了 $35.91\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

2.1.4 间作不同绿肥对 $60\sim 80\text{ cm}$ 土壤层矿质营养含量的影响 由图 4 可知,间作不同绿肥能有效的提高 $60\sim 80\text{ cm}$ 层矿物质元素含量,其中有机质含量最高的是间作红豆草的地块,有机质含量达 $11.10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,比清耕高出了 $4.52\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。速效氮含量最高的是间作小麦的地块,

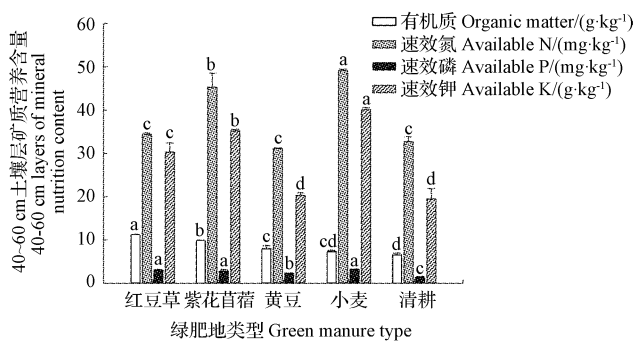


图3 间作不同绿肥对 40~60 cm 土壤层矿质营养含量的影响

Fig. 3 Effect of interplanting green manure on 40—60 cm soil layer mineral nutrient content

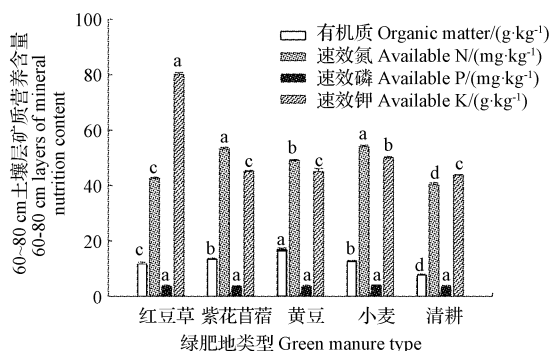


图4 间作不同绿肥对 60~80 cm 土壤层矿质营养含量的影响

Fig. 4 Effect of interplanting green manure on 60—80 cm soil layer mineral nutrient content

速效氮含量达 $49.16 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 比清耕高出了 $16.89 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。速效磷含量最高的是间作小麦的地块, 速效磷含量达 $3.19 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 比清耕高出了 $1.83 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。速效钾含量最高的是间作小麦的地块, 速效钾含量达 $40.12 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 是清耕的 2 倍还多。

2.1.5 间作不同绿肥对 80~100 cm 土壤层矿质营养含量的影响 由图 5 可知, 间作不同绿肥能有效的提高 80~100 cm 层矿物质元素含量, 其中有机质含量最高的是间作紫花苜蓿的地块, 有机质含量达 $7.92 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 是清耕的 3 倍还多。速效氮含量最高的是间作紫花苜蓿的地块, 速效氮含量达 $39.06 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 是清耕的 3 倍还多。速效磷含量最高的是间作小麦的地块, 速效磷含量达 $2.85 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 比清耕高出了 $1.65 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。速效钾含量最高的是间作小麦的地块, 速效钾含量达 $39.86 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 是清耕的 3 倍还多。

2.2 间作不同绿肥对苹果园土壤矿质营养含量的影响

由表 1 可知, 分析不同土层土壤营养元素的含量, 间作绿肥对提高土壤有机质含量有显著作用, 相比清耕提高了 $43.41\% \sim 74.18\%$, 分别表现为紫花苜蓿 > 黄豆 > 红豆草 > 小麦 > 清耕。绿肥间作能不同程度的提高土

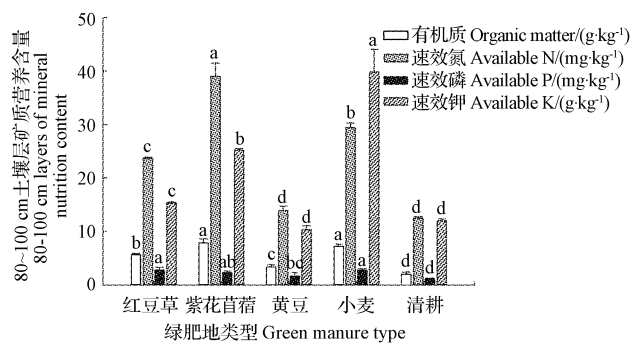


图5 间作不同绿肥对 80~100 cm 土壤层矿质营养含量的影响

Fig. 5 Effect of interplanting green manure on 80—100 cm soil layer mineral nutrient content

壤中速效氮的含量, 相比清耕提高了 $11.03\% \sim 40.05\%$, 分别表现为紫花苜蓿 > 红豆草 > 小麦 > 黄豆 > 清耕。间作小麦和红豆草对土壤速效磷含量有显著作用, 相比对照提高了 62.45% 和 61.75% 。其它豆科绿肥对土壤速效磷含量变化效果不显著。相比清耕除黄豆外其它绿肥均能显著提高速效钾的含量。其中红豆草效果最显著, 比对照提高了 93.78% ; 小麦, 紫花苜蓿次之, 黄豆效果较不理想。

表1 间作不同绿肥对土壤矿质营养含量的影响

Table 1 Effect of intercropping green manure on soil nutrient content

处理 Treatment	有机质 Organic matter /(g · kg ⁻¹)	速效氮 Available N /(mg · kg ⁻¹)	速效磷 Available P /(mg · kg ⁻¹)	速效钾 Available K /(mg · kg ⁻¹)
红豆草 <i>Onobrychis Viciaefolia</i> Scop.	13.93a	57.85a	4.61a	83.85a
紫花苜蓿 <i>Medicago Sativa</i> L.	15.85a	58.50a	3.46ab	73.87a
黄豆 <i>Glycine mar</i> Merr.	15.09a	46.38b	3.41ab	44.09b
小麦 <i>Friticum Sativum</i> Lam.	13.05a	55.39a	4.63a	80.72a
对照 CK	9.10b	41.77b	2.85b	43.27b

注: 数据后不同字母表示差异达 5% 显著水平。

Note: Values followed by different letters mean significant at 5% level.

3 讨论与结论

3.1 间作绿肥对苹果园不同土层土壤矿质营养含量的影响

间作绿肥不仅能显著提高土壤有机质含量, 还能增加土壤矿质营养含量供应^[9]。黄显滢等^[10]研究发现, 由于间作物的不同, 土壤所表现出的物理性状和生物学性状也存在差异。该研究发现间作物的不同不仅影响土壤的物理性状和生物学性状而且还影响土壤垂直分布的矿质营养含量。对于苹果园间作绿肥的研究结果表明, 对 0~20、20~40、40~60、60~80、80~100 cm 的土层矿质元素含量产生显著影响的绿肥作物依次是紫花苜蓿、红豆草、紫花苜蓿、红豆草、小麦。苹果 85% 的根系

主要分布在地表以下 20~60 cm, 60 cm 以下土层仅有极少量的根系发生^[11]。该研究发现苹果园间作紫花苜蓿对 20~60 cm 土层矿质元素含量影响最大, 所以认为种植紫花苜蓿可以改善苹果园生态系统和生物结构组成, 这与翟玉柱等^[12]研究结果相一致。

3.2 间作不同绿肥对土壤养分含量的影响

间作绿肥具有改善土壤理化性状, 调节土壤肥力, 提高系统生产力等优点。不同的绿肥对土壤养分影响是不同的, 李松^[13]用定位试验的方法研究在黄绵土上间作不同绿肥的培肥效果后发现, 在提高土壤肥力、增强土壤生物及酶活性方面, 紫花苜蓿最好、红豆草为次、黄豆最差。该研究针对苹果园间作的不同绿肥, 通过综合比较土壤有机质、速效氮、速效磷和速效钾后发现 4 种绿肥的培肥效果依次为紫花苜蓿>红豆草>小麦>黄豆。该结论与李松^[13]的研究结果一致。但是李兆丽^[14]研究白银地区红豆草和紫花苜蓿的培肥效果后发现红豆草培肥作用强于紫花苜蓿。分析认为该研究试验地伊犁特克斯县处在山区, 年降水量丰富, 红豆草作为一种刈割牧草, 当地农户在一年中多次刈割促进其繁殖生长, 代谢旺盛, 大量消耗土壤中的矿质营养, 所以导致培肥效果不如紫花苜蓿。

参考文献

[1] 李双子, 廉晓娟, 王薇, 等. 我国绿肥的研究进展[J]. 草业科学, 2013,

30(7):1135-1140.

[2] 潘福霞, 鲁剑巍, 刘威, 等. 三种不同绿肥的腐解和养分释放特征研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2011, 17(1): 216-223.

[3] 李慧, 冯涛, 于玮玮, 等. 复合间作栽培模式对滨海盐渍土养分和有机质的影响[J]. 中国农学通报, 2013, 29(15): 89-92.

[4] 谢树果, 韩文斌, 冯文强, 等. 豆科绿肥对四川丘陵旱地作物的产量及经济效益初探[J]. 中国土壤与肥料, 2010(5): 82-85.

[5] 吴湘琳, 耿庆龙, 王新勇, 等. 南疆枣麦间作模式下土壤养分垂直分布特征[J]. 新疆农业科学, 2015, 52(3): 472-476.

[6] 李银平, 徐文修, 李钦钦, 等. 绿肥压青对棉田土壤肥力的影响[J]. 新疆农业科学, 2009, 46(2): 262-265.

[7] 刘国顺, 罗贞宝, 王岩, 等. 绿肥翻压对烟田土壤理化性状及土壤微生物量的影响[J]. 水土保持学报, 2006, 20(1): 95-98.

[8] 姜培坤, 徐秋芳, 周国模, 等. 种植绿肥对板栗林土壤养分和生物学性质的影响[J]. 北京林业大学学报, 2007, 29(3): 120-123.

[9] 王芝学, 沈欣, 张飞宇, 等. 干旱地区果园抗旱保苗综合技术[J]. 天津农业科学, 1999, 5(4): 23-25.

[10] 黄显澄, 刘文革, 冯玉宁, 等. 果园夏绿肥绿豆压青后的养分释放[J]. 果树科学, 1996, 13(2): 109-110.

[11] 李慧峰, 吕德国, 李林光, 等. 苹果根系构型的演化[J]. 华北农学报, 2009, 24(增刊): 323-326.

[12] 翟玉柱, 张宝玲, 梁凤芹, 等. 间作苜蓿对苹果园生态系统效应的分析[J]. 河北农业科学, 2008, 12(1): 38-39.

[13] 李松. 豆科牧草对黄绵土生态因素影响研究[J]. 中国水土保持, 1992, 8(18): 37-39.

[14] 李兆丽. 红豆草与紫花苜蓿的培肥效果研究[J]. 草业科学, 2008, 25(7): 65-68.

Effect of Interplanting Green Manure on Soil Nutrient Content of Apple Orchard

QIN Jingyi¹, ZHANG Yun¹, WANG Xiumei¹, SUI Weice¹, LU Biao²

(1. College of Xinjiang Agricultural University, Urumqi, Xinjiang 830052; 2. Forestry Bureau of Tekesi, Ili, Xinjiang 835500)

Abstract: Four kinds green manure crops of sainfoin, alfalfa, soybean and wheat from orchard intercropping of Tekes in Ili area were chosen as research objects and the orchard of clean tillage was the control group. Through the determination of organic matter, available N, available P and available K's content in soil, compared and analyzed the influence of different green manure in the condition of orchard intercropping on vertical distribution of soil mineral nutrients and compared the fertilizing effect of four green manure. The results showed that the content of organic matter, available N, available P and available K in soil were higher than those of clean tillage orchard after the different kinds of green manure was intercropped in orchard. The changes of vertical distribution of soil nutrients (0—20 cm, 20—40 cm, 40—60 cm, 60—80 cm, 80—100 cm) were investigated to find that the content of soil nutrients tended to decrease with the increase of soil depth. The further comprehensive evaluation of the soil nutrients found that the most suitable orchard intercropping crops was alfalfa in this area. The fertilizing effect of four kinds intercropping green manure were alfalfa>sainfoin>soybean>wheat>clean tillage.

Keywords: green manure; intercropping; the soil fertility; mineral nutrition

中国苹果生产布局变迁的影响： 结构效应还是竞争效应

董子铭¹, 刘天军²

(1. 重庆理工大学 两江校区管委会, 重庆 400054; 2. 西北农林科技大学 西部农村发展研究中心, 陕西 杨凌 712100)

摘 要:根据偏离-份额分析法(SSA),采用 1978—2013 年的我国五大苹果主产区面板数据,对我国苹果生产布局“西移北扩”变迁现象的原因进行分析。结果表明:改革开放 35 年来,我国苹果生产布局“西移北扩”现象的原因主要来自于我国果业种植生产布局变迁的空间结构效应。同时各省(市)苹果种植内生的竞争效应也在一定程度上影响了我国苹果生产布局“西移北扩”,但其影响程度小于我国果业种植的生产布局变迁。

关键词:苹果;生产布局;成因;偏离-份额分析法

中图分类号:S 661.102.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)11-0173-05

苹果作为我国经济作物的支柱产业之一,在改革开放以后得到了迅速发展。截至 2010 年,我国苹果种植面积已达 213.99 万 hm^2 ,约占世界苹果总种植面积的 42%^[1],成为目前世界上最大的苹果生产国。研究我国苹果的生产布局变迁及其变迁原因不仅对国家制定苹果政策和促进全国苹果生产的可持续发展意义重大,而且对于世界苹果产业的稳定发展具有十分重要的现实意义^[2]。

但目前该问题并没有引起学术界的广泛关注,仅有少数学者从苹果生产布局变迁的描述分析和影响苹果生产布局变迁因素的几个侧面进行了研究。研究结果表明,改革开放 30 多年来,我国苹果生产布局区域集中程度的提高和“西移北扩”的趋势是一个以沿海向内地转移为主、以环渤海向西北黄土高原转移为次的 2 种力量作用的时空变迁过程^[3],自然灾害、非农就业机会、粮食安全保障水平、技术进步、市场消费需求和国家政策等因素是这种变迁的主要影响因素^[2,4]。但是对于我国苹果种植这种差异性发展究竟是由于区域果业发展趋势的不同步带来的果业种植生产布局变迁而造成,

还是由于各地区苹果产业的竞争实力的变化而自然选择。对于这些问题,目前的研究尚不能给出满意的答案。因此,现采用偏离-份额分析法(SSA)分析我国五大苹果主产区(渤海湾、黄土高原、黄河故道、西南冷凉高地和新疆)的苹果种植面积变迁的全国效应、空间结构效应和竞争效应。并在此基础上探究我国苹果生产布局变迁的形成原因,以及它们之间的关联互动。继而把握苹果生产布局变迁的内在实质,以期为我国苹果产业的发展提供相应的政策参考。

1 研究方法

偏离-份额分析法(SSA)在经过美国经济学家 DANIEL、CREAMER、DUNN 等学者的发展和完善后逐步成为当前研究区域某产业或某行业经济变化最为有效的统计方法之一,该方法具有较强的综合性和动态性^[5-6]。它将报告期内区域经济发展状况与标准区(标准区是指在比较过程中所选取的参照区,通常是国家)做比较,把某一时期区域经济变量的增长效应分解为若干个分量,以此来说明区域内某种产业的经济发展和衰退的结构性原因。该方法自 20 世纪 80 年代初被引入我国以来被广泛应用到区域经济分析领域,但主要运用于研究区域某产业的竞争力方面^[6-8],目前尚少见对于从产业布局变迁角度的研究。

偏离-份额分析法的原理是将一个特定区域的经济变量(如就业人数、增加值或劳动生产率等)的变化分解成 3 个可加的分量:参照大区分量、结构偏离分量和竞争偏离分量,以此说明区域内某产业经济变化的原因。

第一作者简介:董子铭(1988-),女,山东枣庄人,硕士,助教,现主要从事区域经济与产业政策等研究工作。E-mail:dorisdong88@126.com.

责任作者:刘天军(1974-),男,安徽宣城人,博士,教授,博士生导师,现主要从事农业经济管理和农业经济管理与项目管理等研究工作。E-mail:Ltj168168@126.com.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(71173176)。

收稿日期:2016-02-19

设 α_{ij}^{t-1} 代表区域 j 部门 i 在 t 时期初始时的经济变量值 ($i=1,2,\dots,x; j=1,2,\dots,y$), α_{ij}^t 代表该变量末期的值, 则该变量在此期间的变化可以表示为:

$$\alpha_{ij}^t - \alpha_{ij}^{t-1} = \Delta \alpha_{ij}^t = N_{ij}^t + S_{ij}^t + K_{ij}^t \quad (1).$$

其中:

$$N_{ij}^t = \alpha_{ij}^{t-1} \times r^j, r^j = \frac{\sum_{i=1}^x \sum_{j=1}^y (\alpha_{ij}^t - \alpha_{ij}^{t-1})}{\sum_{i=1}^x \sum_{j=1}^y (\alpha_{ij}^{t-1})} \quad (2),$$

$$S_{ij}^t = \alpha_{ij}^{t-1} \times (r_j^t - r^j), r_j^t = \frac{\sum_{i=1}^x (\alpha_{ij}^t - \alpha_{ij}^{t-1})}{\sum_{i=1}^x (\alpha_{ij}^{t-1})} \quad (3),$$

$$K_{ij}^t = \alpha_{ij}^{t-1} \times (r_{ij}^t - r_j^t), r_{ij}^t = \frac{\alpha_{ij}^t - \alpha_{ij}^{t-1}}{\alpha_{ij}^{t-1}} \quad (4).$$

式(1)中 N_{ij}^t 为国家分量, 其分量按照式(2)计算, 表示按大区或全国的所有部门的平均增长率计算, 区域 j 部门 i 所产生的变化量; S_{ij}^t 为空间结构分量, 其分量按照式(3)计算, 表示区域 j 内所有部门的平均增长速率与大区或全国平均增长速度的差异对产业的影响, 反映出区域 j 的空间结构效应。其值大于 0, 表明区域 j 的整体经济发展水平强于大区或全国, 区域体现出空间结构优势; K_{ij}^t 为竞争力分量, 其分量按照式(4)计算, 表示区域 j 部门 i 的增长速度与区域 j 所有部门的平均增长速度的差异对产业的营销, 反映出区域 j 部门 i 的相对竞争能力。其值大于 0, 表明该产业在该区域内竞争力较强, 产业处于有利区位, 产业竞争力高。

2 我国苹果生产布局变迁成因研究

2.1 我国苹果生产布局现状及变迁分析

自 1978 年改革开放以来, 我国苹果生产布局主要呈现出分布广泛、产区集中的布局特征和苹果优势产区“西移北扩”的变迁特征^[3]。

我国苹果产区分布十分广泛, 据《中国农村统计年鉴》统计显示, 2013 年除上海、浙江、福建、江西、湖南、广东、江西、海南和台湾外, 其他省(市)均有关于苹果种植面积和经济产量的报告。但成规模的主产区却相对集中, 主要分布在渤海湾(包括鲁、冀、辽、京、津)、黄土高原(包括陕、甘、晋、宁)、黄河故道(包括豫、苏、皖)和西南冷凉高地(云、贵、川)四大生产区域^[2]。其中 2013 年种植面积超过 10 万 hm^2 的省份包括渤海湾产区的山东、河北、辽宁, 黄土高原产区的陕西、甘肃、山西和黄河故道产区的河南。近年来, 新疆苹果种植面积快速增长, 2013 年种植面积达到 5.5 万 hm^2 , 正逐渐成为我国苹果的又一个重要产区。

同时从 1978—2013 年主要省区的种植面积的动态变化来看(图 1), 我国苹果主产区“西移北扩”现象明显^[2]。从经度来看, 环渤海湾产区的种植面积占全国苹果种植面积的比重由 1978 年的 55.49% 下降到 2013 年的 31.16%, 黄河故道产区比重也由 16.70% 下降到 9.92%。与此同时, 黄土高原产区比重则由 17.33% 增加到 50.67%, 新疆产区也由 1.82% 上升到 2.42%。从纬度来看, 西南冷凉高地种植面积占全国苹果种植面积的比重由 1978 年的 4.05% 下降到 2013 年的 3.72%, 同时 1978—2013 年间有苹果种植报告的纬度相对较低的省份中浙江和福建在 2010 年已无苹果种植, 安徽、江苏、湖北等省市面积在 20 世纪 90 年代中期出现峰值之后正在逐渐减少, 由峰值期间的 15.52 万 hm^2 , 下降到 2010 年的 5.25 万 hm^2 , 占全国苹果种植面积比重由 5.77% 下降至 2.45%。与此同时, 纬度较高的省份中内部也出现“北扩”趋势。以主产省陕西和河南 2 省为例, 陕西苹果逐步向渭北黄土高原的延安、铜川、渭南、咸阳、宝鸡 5 市的 30 个县市区集中, 2010 年 30 个县市区的种植面积为 47.9 万 hm^2 , 占全省苹果总面积的 82%, 河南省也逐步由商丘地区向豫西北转移, 2010 年仅三门峡市苹果种植面积就占河南全省的 50% 左右^[2]。

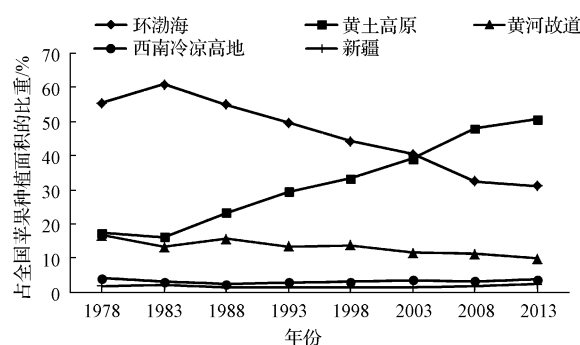


图 1 我国五大主要苹果产区占全国苹果种植面积的比重变化

Fig. 1 Change in the proportion of apple planting in China's five major apple producing areas

2.2 我国苹果生产布局变迁的偏离-份额分析结果描述

为进一步探讨我国苹果生产布局变迁的成因, 该研究采用 1978—2013 年《中国农村统计年鉴》数据, 以 5 年为 1 个考察期, 从我国有苹果报告的 24 个省份中选择渤海湾(包括鲁、冀、辽、京、津)、黄土高原(包括陕、甘、晋、宁)、黄河故道(包括豫、苏、皖)和西南冷凉高地(云、贵、川)四大主产区域和近年增长较快的新疆产区作为样本省份, 以果业种植面积作为参照系对样本省份苹果种植面积进行偏离-份额分析, 探究空间结构效应和竞争效应对我国苹果生产布局变迁的影响, 具体见表 1、2。

表 1

我国主要苹果生产省份苹果种植面积的空间结构效应分析

Table 1

Spatial structure effect analysis of apple planting using SSA

地区	1983		1988		1993		1998		2003		2008		2013	
	增量	增率	增量	增率	增量	增率	增量	增率	增量	增率	增量	增率	增量	增率
	/万 hm ²	/%	/万 hm ²	/%	/万 hm ²	/%	/万 hm ²	/%	/万 hm ²	/%	/万 hm ²	/%	/万 hm ²	/%
北京	0.46	139.51	-0.63	-68.07	-0.10	-6.08	-0.36	-17.15	0.71	34.79	-0.41	-31.24	-0.29	-31.87
天津	0.04	10.58	0.07	16.35	-0.32	-32.48	-0.27	-24.45	0.22	19.91	-0.23	-31.51	-0.08	-14.07
河北	0.30	5.36	2.80	33.70	-3.27	-14.45	1.31	4.75	-1.28	-3.60	-4.15	-15.01	-3.67	-15.06
辽宁	-1.19	-9.13	-14.96	-94.88	-5.16	-23.03	-9.24	-39.35	-6.36	-29.33	-1.39	-12.06	0.97	8.48
山东	-4.43	-24.18	0.85	4.51	-4.73	-10.87	-16.38	-28.62	-7.43	-13.34	-13.78	-38.58	-2.61	-9.46
环渤海湾小计	-4.81	-12.77	-11.88	-26.89	-13.57	-14.89	-24.94	-22.35	-14.15	-12.19	-19.96	-25.95	-5.69	-8.04
山西	-0.27	-7.23	0.16	3.58	0.30	2.98	-1.49	-10.28	-3.31	-16.89	-2.17	-14.11	1.54	10.40
陕西	-1.32	-24.75	1.12	23.69	9.20	55.05	2.11	6.23	1.14	2.50	5.19	12.92	5.48	10.33
甘肃	-0.61	-27.02	4.06	181.96	2.49	23.97	0.81	5.38	-0.76	-3.83	2.50	14.93	-1.37	-5.57
宁夏	-0.14	-34.86	0.10	23.53	0.54	34.65	-0.43	-16.45	0.25	10.14	1.45	70.88	1.60	50.85
黄土高原小计	-2.35	-19.93	5.44	46.30	12.53	32.46	1.01	1.52	-2.68	-3.06	6.96	9.36	7.25	7.58
江苏	-0.25	-19.74	1.53	129.26	-1.34	-24.23	-1.77	-27.85	1.36	22.40	-0.53	-13.53	0.31	9.03
河南	-3.93	-43.22	0.18	2.33	-5.91	-33.09	1.17	5.58	-3.66	-13.59	0.56	3.38	-1.16	-6.69
安徽	-0.29	-29.21	0.65	82.27	-0.77	-29.80	-0.59	-20.39	0.10	3.00	-0.10	-5.59	-0.11	-6.51
黄河故道小计	-4.47	-39.40	2.35	24.35	-8.01	-30.88	-1.20	-3.96	-2.20	-6.08	-0.07	-0.30	-0.96	-4.25
四川	0.62	36.97	-0.76	-55.41	-0.01	-0.50	-0.32	-10.93	1.89	66.43	0.32	10.81	0.30	10.04
贵州	-0.05	-28.16	0.07	64.32	0.14	71.37	0.16	32.01	0.47	64.78	0.07	15.54	0.35	55.87
云南	-0.16	-17.55	-0.48	-61.95	0.60	45.23	1.53	46.38	0.05	1.02	0.64	18.94	0.76	25.41
西南冷凉高地小计	0.41	14.86	-1.17	-51.80	0.73	18.23	1.37	20.35	2.40	29.27	1.03	15.17	1.41	21.31
新疆	0.32	25.65	-0.49	-32.80	-0.55	-23.00	-0.66	-19.33	4.76	116.18	2.62	94.27	0.59	15.20

注:数据来自《中国农村统计年鉴》(1978—2013年)。重庆 1997 年从四川划出成为直辖市,在统计中为保持计算一致仍将重庆纳入四川计算。下同。

Note: Data from the 'CHINA RURAL STATISTICAL YEARBOOK' (1978—2013). 1997, Chongqing became a municipality aside from Sichuan, in order to maintain the consistency of the statistical, This article has been placed in the value of Chongqing in Sichuan Province. The same below.

表 2

我国主要苹果生产省份苹果种植面积的竞争效应分析

Table 2

Competitive effect analysis of apple planting using SSA

地区	1983		1988		1993		1998		2003		2008		2013	
	增量	增率	增量	增率	增量	增率	增量	增率	增量	增率	增量	增率	增量	增率
	/万 hm ²	/%	/万 hm ²	/%	/万 hm ²	/%	/万 hm ²	/%	/万 hm ²	/%	/万 hm ²	/%	/万 hm ²	/%
北京	0.07	20.71	-0.04	-3.83	0.09	5.47	-0.41	-19.34	-1.63	-80.32	-0.17	-12.82	-0.05	-5.12
天津	-0.12	-29.68	-0.13	-31.24	0.18	18.92	-0.09	-8.25	-0.71	-64.11	-0.06	-8.27	-0.05	-8.59
河北	1.16	20.64	-1.11	-13.33	2.23	9.89	-2.47	-8.95	-10.36	-29.17	-2.91	-10.54	-0.69	-2.81
辽宁	1.16	8.92	-2.29	-14.55	0.21	0.93	-0.23	-0.97	-6.12	-28.19	-0.31	-2.65	1.39	12.23
山东	0.91	4.97	-4.55	-24.23	6.73	15.47	-3.88	-6.78	-18.40	-33.05	0.77	2.16	1.11	4.02
环渤海湾小计	3.18	8.45	-8.11	-18.36	9.45	10.37	-7.08	-6.35	-37.22	-32.08	-2.68	-3.48	1.72	2.44
山西	0.05	1.32	-1.15	-26.55	1.59	16.03	1.84	12.66	-2.95	-15.05	-0.53	-3.47	-3.21	-21.67
陕西	-0.46	-8.63	3.72	78.87	3.53	21.15	-1.63	-4.79	-11.34	-24.90	2.23	5.55	-0.15	-0.28
甘肃	0.08	3.65	0.70	31.59	-0.54	-5.23	-0.96	-6.37	-4.49	-22.56	3.10	18.49	1.98	8.04
宁夏	0.10	26.07	0.36	81.82	0.06	3.99	-0.53	-20.48	-0.97	-38.77	-0.62	-30.22	-1.05	-33.41
黄土高原小计	-0.23	-1.93	3.63	30.94	4.65	12.05	-1.29	-1.94	-19.74	-22.56	4.18	5.62	-2.43	-2.54
江苏	-0.09	-7.47	1.02	86.22	0.71	12.88	-0.60	-9.40	-4.19	-68.98	-0.42	-10.76	-1.03	-29.46
河南	0.58	6.33	-1.69	-21.98	4.14	23.21	-2.00	-9.57	-9.63	-35.81	-1.96	-11.91	-1.12	-6.48
安徽	-0.13	-13.40	-0.05	-5.90	0.36	14.03	-0.02	-0.85	-1.94	-60.29	-0.14	-8.16	-0.30	-17.51
黄河故道小计	0.35	3.07	-0.72	-7.46	5.22	20.10	-2.62	-8.70	-15.76	-43.56	-2.52	-11.41	-2.45	-10.87
四川	-1.28	-76.54	-0.22	-15.77	-0.19	-7.84	-0.73	-24.85	-2.08	-73.12	-0.65	-22.19	-0.44	-14.70
贵州	-0.06	-32.33	-0.15	-133.97	0.09	46.67	-0.09	-17.77	-0.78	-108.67	0.01	1.96	-0.16	-25.09
云南	-0.17	-18.49	-0.14	-18.09	1.03	77.80	-1.27	-38.48	-1.81	-38.95	-1.48	-43.97	-0.02	-0.52
西南冷凉高地小计	-1.50	-54.65	-0.50	-22.34	0.93	23.23	-2.08	-31.02	-4.67	-56.90	-2.13	-31.28	-0.62	-9.30
新疆	-0.37	-29.00	-0.88	-58.94	0.96	40.16	0.21	6.17	-6.52	-158.94	-1.93	-69.53	0.48	12.41

2.2.1 空间结构效应分析 自1978年以来,环渤海湾产区各省(市)在每一个研究期内果业种植面积增速均远远低于当期全国平均增速,增速差距区间为(-0.27, -0.08);黄河故道区域内各省(市)除1个研究期(1983—1988年)外其余研究期果业种植面积增速均低于当期全国平均增速,增速差距区间为(-0.39, 0.24)。这种区域内果业种植面积增速持续性低于全国增速的趋势对环渤海湾和黄河故道产区各省(市)的苹果种植面积带来巨大的负向影响,累计影响达-95.01万hm²和-14.54万hm²。与此同时,黄土高原产区各省(市)除2个研究期(1978—1983年、1998—2003年),西南冷凉高地产区各省除1个研究期(1983—1988年)外,其余研究期内果业种植面积增速均高于当期全国平均增速,增速差距区间分别为(-0.20, 0.46)和(-0.52, 0.29)。这种区域内果业种植面积增速持续性高于全国增速的趋势对黄土高原和西南冷凉高地产区各省(市)的苹果种植面积带来正向影响,累计影响分别为28.16万hm²和6.18万hm²。针对新疆产区,果业种植面积则经历了2个阶段:第一阶段为1978—1998年,果业种植面积增速在确立了短暂的优势后,连续4个研究期增速低于全国平均水平;第二阶段为1998—2013年,果业种植面积连续3个研究期内增速高于当期全国平均增速,这种果业种植面积先低后高的增长趋势对新疆苹果种植面积累计带来6.59万hm²的正向影响。这种各省(市)的果业种植面积变化带来的空间结构效应,促使环渤海湾和黄河故道产区各省(市)在不考虑竞争效应的情况下,苹果种植面积占全国苹果面积的比重下降,黄土高原、西南冷凉高地、新疆产区比重上升。

2.2.2 竞争效应分析 五大产区各省(市)的苹果种植面积除在1988—1993年研究区间内,因20世纪90年代初苹果畅销导致北方许多省(市)盲目扩大苹果种植规模引起的苹果种植在大部分省(市)形成竞争优势外,各省(市)没有体现出共同增减的特征。各省(市)苹果种植的内生竞争效应按照其优劣势趋势体现总体可以分为1978—1993、1993—2013年2个阶段。第一阶段为1978—1993年。该阶段渤海湾、黄土高原、黄河故道三大产区内的绝大部分省(市)苹果种植相对本省(市)其它果业产品种植体现出一定的竞争优势。这种内生竞争优势分别为渤海湾、黄土高原、黄河故道区域累计带来4.52万、8.05万、4.84万hm²的正向影响。而西南冷凉高地产区各省(市)和新疆苹果种植相对本省其它果业产品种植存在一定的竞争劣势(除1988—1993年研究区间外),这种竞争劣势对西南冷凉高地和新疆累计带来-1.08万、-0.29万hm²的负向影响。第二阶段为1993—2013年。该阶段苹果种植除在个别

省(市)的个别阶段有一定竞争优势外,其余均呈现出竞争劣势。这种整体性的竞争劣势对渤海湾、黄土高原、黄河故道、西南冷凉高地、新疆五大产区累计带来-45.25万、-19.29万、-23.35万、-9.50万、-7.76万hm²的负向影响。

2.3 我国苹果生产布局变迁成因探究

从表3可以看出,我国苹果生产布局“西移北扩”现象的变迁过程是一个以空间结构效应影响为主,内生竞争效应为次要因素的时空演变过程。

表3 1978—2013年我国五大苹果主产区苹果种植面积变化的影响分析结果

Table 3 Change of apple planting in China's five major apple producing areas during 1978—2013 万hm²

苹果主产区	全国分量	空间结构分量	竞争分量	实际累计增长
环渤海湾	168.87	-95.01	-40.74	33.12
黄土高原	86.44	28.16	-11.23	103.36
黄河故道	44.24	-14.54	-18.51	11.19
西南冷凉高地	10.09	6.18	-10.57	5.70
新疆	5.70	6.59	-8.05	4.24

2.3.1 果业生产布局变迁是苹果生产布局变迁主要原因 改革开放之后,果业产品作为高附加值农产品,具有经济效益比较优势,在全国范围内逐渐成为农户从事农业生产的新选择,果业面积稳步增长。但是这种增长因为中东部和西部各省(市)在经济发展、物资和劳动力成本、农村非农就业机会、技术优势等方面的不一致,导致对果业种植态度产生差异。呈现出渤海湾、黄河故道等中东部产区的果业种植面积的增长率低于全国平均水平,而黄土高原、西南冷凉高地、新疆等西部产区的果业种植面积增长率高于全国平均水平的不同步增长趋势。而苹果作为主要果业产品之一,果业种植具有的西部增长高于中东部增长的趋势也被体现到苹果种植上,促使其生产布局比重由环渤海湾、黄河故道产区向黄土高原、西南冷凉高地、新疆产区倾斜。这种因各省(市)对果业种植态度不一致的结构性差异是改革开放35年来我国苹果生产布局“西移北扩”现象的主要原因。

2.3.2 苹果种植内生竞争效应是苹果生产布局变迁次要因素 20世纪90年代以前,苹果作为我国传统的果业产品,因市场容量大、果树气候适应性较强、栽培技术较为成熟等特点作为果业发展的主要品种,在其适应种植区获得相对比较优势,种植面积增速高于其它果业产品。但20世纪90年代以后,随着市场的饱和、其它各类果树栽培技术的提升和区域果业政策的变化,苹果除在个别省(市)的个别阶段有一定竞争优势外,其余均呈现出一定的竞争劣势。但是这种劣势在不同产区不同阶

段的表现程度不同,总体呈现出渤海湾、黄河故道、西南冷凉高地、新疆 4 个产区苹果种植的内生竞争劣势大于黄土高原的内生竞争劣势。这种内生性竞争劣势的差异在一定程度上使得黄土高原产区的苹果种植面积占全国比重提高,从相对比例上使得苹果生产布局产生“西移北扩”。

3 结论

该研究通过利用偏离-份额分析法(SSA),采用我国苹果生产五大产区的 15 个省份 1978—2013 年的统计,研究了我国苹果生产布局变迁的原因。结果表明,改革开放 35 年来,造成我国苹果生产布局“西移北扩”现象的主要原因是我国渤海湾、黄河故道等中东部地区果业种植面积的增长速度低于全国发展水平,而黄土高原、西南冷凉高地、新疆等西部地区果业种植面积的增长速度高于全国发展水平,这种不平衡发展带来的果业种植生产布局变迁引起空间结构效应。同时五大产区均呈现出竞争劣势的情况下,黄土高原苹果种植的内生竞争劣势相对于其它四大产区而言程度较小,这种差异也在一定程度上导致了我国苹果生产布局的“西移北扩”。

我国苹果生产布局变迁的成因分析,揭示了空间结构效应与竞争效应对我国苹果产业在改革开放后的苹果生产布局的影响。对揭示苹果生产布局变迁的内在机理,未来变化趋势提供了一定借鉴。也对合理配置苹果生产资源,促进我国苹果产业的可持续发展能够起到良好的指导作用。

参考文献

- [1] 孙佳佳,霍学喜,柳萍.我国苹果出口贸易对苹果产业发展影响分析[J].北方园艺,2012(3):174-177.
- [2] 刘天军,范英.我国苹果主产区生产布局变迁及影响因素分析[J].农业经济问题,2012(10):36-42.
- [3] 刘维,刘天军,董子铭.我国苹果生产布局时空演变分析[J].广东农业科学,2013(8):207-209.
- [4] 范英.我国苹果生产布局变迁研究:基于渤海湾、黄土高原优势区的趋势分析[D].杨凌:西北农林科技大学,2010.
- [5] 吴继英,赵喜仓.偏离-份额分析法空间模型及其应用[J].统计研究,2009(4):73-79.
- [6] 陈伟达,景生军.基于偏离-份额空间结构模型的长三角现代服务业协调布局研究[J].东南大学学报(哲学社会科学版),2010(1):31-36.
- [7] 孙川.基于 SS 的区域软件产业结构效应与竞争力实证分析[J].北京师范大学学报(社会科学版),2009(3):113-123.
- [8] 陈玉娟,苏为华.基于 DSSA 的浙江高技术产业发展研究[J].科技管理研究,2009(12):135-137.

The Main Cause for the Change of Apple's Production Layout in China: Spatial Structure Effect or Competitive Effect

DONG Ziming¹, LIU Tianjun²

(1. The Management Committee of Liangjiang Campus, Chongqing University of Technology, Chongqing 400054; 2. The Western Rural Development Research Center, Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract: According to SSA method, using the panel data of China's five major apple producing areas from 1978 to 2013. Analyzed the causes for the 'expanding westward and northward' phenomenon of apple's production layout in China. The results showed that the trend change of citrus planting increase or decrease in five major production areas was the main reason of the above phenomenon. And apple cultivation endogenous competition effect in the five major production areas was also as a secondary factor, lead to China's apple distribution change 'expanding westward and northward' phenomenon to a certain extent.

Keywords: apple; production layout; cause; SSA