

**中国热带作物学会**

**Chinese Society for Tropical Crops**

**福建**•**厦门**

**2018年10月**

**2018年**

**全国热带作物学术年会论 文 集**

**——做强做优热带高效农业 服务热区乡村振兴——**

主办单位

**中国热带作物学会**

承办单位

**福建省农业科学院**

**目录**

1.[Biochar-stimulated continuous monoculture by mediating microbial community and its metabolic characteristics 1](#_Toc527398980)

2.[橡胶树野生种质资源抗寒性评价及与生长相关性分析 22](#_Toc527398981)

3.[黑果腺肋花楸挥发油及总黄酮分析研究 30](#_Toc527398982)

4.[套种圆叶决明对茶园生境及茶树生长的影响 37](#_Toc527398983)

5.[广西澳洲坚果主产区土壤养分状况调查 48](#_Toc527398984)

6.[小粒咖啡不同海拔土壤肥力现状及变化规律 53](#_Toc527398985)

7.[不同生根剂及基质对“台农1号”百香果扦插的影响 73](#_Toc527398986)

8.[金沙江干热河谷区引种辣木果实性状比较 76](#_Toc527398987)

9.[农业经济增长的空间集聚及影响因素分析—以云南省为例 82](#_Toc527398988)

10.[国家第五轮集成示范甘蔗新品种在前进示范县的表现与种性评价 89](#_Toc527398989)

11.[提质量 创品牌 增效益 着力增加绿色优质安全农产品供给 96](#_Toc527398990)

12.[优良抗黑穗病甘蔗高代新品系筛选试验 98](#_Toc527398991)

13.[雷州半岛菠萝新品种引种及配套栽培技术 103](#_Toc527398992)

14.[红江橙脱毒种苗的培育技术与规模化生产技术体系建设 108](#_Toc527398993)

15.[不同甘蔗品种在不同养分条件下的生长表现 114](#_Toc527398994)

16.[推广甘蔗地保护性耕作技术的对策和建议 119](#_Toc527398995)

17.[江西省乡村振兴路径选择研究 123](#_Toc527398996)

18. [9个卡蒂姆咖啡品种品质研究 130](#_Toc527398997)

19.[不同甘蔗品种在不同养分条件下的生长表现 139](#_Toc527398998)

20.[关于推进省级农科院国际合作工作的思考--以广东农科院为例 144](#_Toc527398999)

21.[国家第五轮集成示范甘蔗新品种在前进示范县的表现与种性评价 148](#_Toc527399000)

22.[“一带一路”背景下农垦天然橡胶产业对外合作对策分析 154](#_Toc527399001)

23.[红江橙脱毒种苗的培育技术与规模化生产技术体系建设 161](#_Toc527399002)

24.[优良抗黑穗病甘蔗高代新品系筛选试验 167](#_Toc527399003)

25.[雷州半岛菠萝新品种引种及配套栽培技术 172](#_Toc527399004)

26.[叶面喷施亚硒酸钠对龙眼树体营养和果实品质的影响 177](#_Toc527399005)

27.[不同灌溉量和种植方式对冬小麦光合生产的影响 183](#_Toc527399006)

28.[“盈玉”余甘子新品种的选育 192](#_Toc527399007)

29.[橡胶树云南推广品种胶乳生理分析 198](#_Toc527399008)

30.[湛江农垦剑麻产业发展应对措施 202](#_Toc527399009)

31.[橡胶树魏克汉种质资源亲子代生长遗传规律分析 204](#_Toc527399010)

32.[他山之石 可以攻玉 广西农垦考察之行助推农产品深加工新业态新模式发展 210](#_Toc527399011)

33.[磷酸二氢铵做基体改进剂在测定牛奶中铅的应用 223](#_Toc527399012)

34.[浅谈菠萝罐头加工业现代经营思路 223](#_Toc527399013)

35.[农杆菌注射法转化荔枝果实组织的研究 223](#_Toc527399014)

36.[The underlying mechanism of allelopathic interaction between rice secondary metabolites and *Myxococcus xanthus* 224](#_Toc527399015)

37.[An evolutionary and expressional pattern of the bZIP family in maize 225](#_Toc527399016)

38[香蕉根际土壤真菌种群结构分析 226](#_Toc527399017)

39.[MS营养成分对橡胶树花药愈伤组织诱导的影响 227](#_Toc527399018)

40.[剑麻园绿色轻简高产高效栽培技术研究与示范推广 228](#_Toc527399019)

41.[剑麻园茅草等恶草化除药剂筛选试验及示范推广 228](#_Toc527399020)

42.[茶叶深加工技改与现代综合技术实践与应用 229](#_Toc527399021)

43.[荔枝对霜疫霉病的抗性机制 229](#_Toc527399022)

44.[不同菌肥处理对连作太子参生长发育及根系细菌群落结构的影响 231](#_Toc527399023)

45.[花生高密度遗传整合图谱的构建及产量和抗病QTL-meta分析 232](#_Toc527399024)

46.[间作模式对辣木叶营养物质及园地土壤养分的影响 233](#_Toc527399025)

47.[枇杷*EjAS1*/*2*克隆与组织表达特异性分析 233](#_Toc527399026)

48.[云南咖啡土壤养分评价及其对咖啡生豆品质影响分析 234](#_Toc527399027)

49.[云南山地胶园土壤养分空间变化特征 234](#_Toc527399028)

50.[再生稻早衰发生的生理生态特性研究 235](#_Toc527399029)

# Biochar-stimulated continuous monoculture by mediating microbial community and its metabolic characteristics

**吴红淼, 林文雄\***

Email: wuhongmiao2010@163.com

1福建省农业生态过程与安全监控中重点实验室, 福建农林大学, 福州，350002.

2作物生态与分子生理学福建省高校重点实验室, 福州，350002.

3农业生态研究所, 福建农林大学, 福州，350002.

**Abstract**Biochar amendment has been extensively used to improve soil quality, improve plant performance and suppress disease in monoculture system, however less studies focused on the underlying mechanisms of the replanting disease control. We assessed the effects of applied biochar on *Radix pseudostellariae* plant growth, rhizosphere soil microbial communities, and the physiological properties of microorganism in consecutively monoculture system. We found biochar addition had little impact on plant physiological parameters, but biochar significantly mediated microbial abundances in the rhizosphere soil of differently consecutive monoculture years, especially decreased the abundances of pathogenic *Fusarium oxysporum*, *Talaromyces helicus* and *Kosakonia sacchari*. Furthermore, biochar amendment has negative effects on the growth of beneficial bacteria, such as *Burkholderia ambifaria*, *Pseudomonas chlororaphis* and *Bacillus pumilus*. Analysis based on the metabolites and metabolome indicated that biochar significantly affect the metabolism process of *F. oxysporum*, and then inhibit the mycelium growth and abate the virulence on plants. This study explains the mechanisms behindthe biochar effect by changing the abundances and metabolism of rhizosphere bacteria and fungi, decreasing the contents of pathogens, and hence improving the environmental conditions for plants growth.

**Key Words** Plant–microbe interactions; Replanting disease; Non-invasive micro-test technique; Allelopathic; Consecutive monoculture

**Introduction**

Consecutive crop monoculture is a common and worldwide trend in modern agriculture systems. However, the consecutive monoculture of the crop plants in the same field results in very serious decline in biomass and quality of underground tubers, which is known as replanting disease or soil sickness. In China, the area of continuous cropping with high replanting disease takes up more than 10-20% of total production. When compared with the newly planted crop, the consecutively cropped crop reduced yield by 20-80%, which caused a huge loss in the current season. The annual economic losses could reach more than billions of U.S. dollars per year. Replanting disease is a typical negative plant–soil feedback under intensively consecutive monoculture of crops such as banana, cucumber, tobacco, watermelon, tomato, potato, peanut, strawberry and Chinese medicines (*Radix pseudostellariae*, *Panax Notoginseng*, *Rehmannia glutinosa*, *Panax ginseng*, *Salvia miltiorrhiza*) in modern intensive agricultural practice ([Liu et al. 2017a](#_ENREF_32); [Santhanam et al. 2015](#_ENREF_40); [Wu et al. 2017b](#_ENREF_48); [Wu et al. 2015](#_ENREF_50); [Zhao et al. 2010](#_ENREF_56); [Zhou and Wu 2011](#_ENREF_58)). In the continuous monoculture regimes, bacterial and fungal wilts are serious plant diseases in the subtropical and tropical regions of the world, which directly affect the growth and biomass of crops. The *Fusarium oxysporum* fungus, one of the top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology ([Kamoun et al. 2015](#_ENREF_23)), a ubiquitous soil-borne pathogen, the causal agent of fungal wilt, causes vascular wilt on a wide range of 100 different hosts plants, including economically important crops such as banana, cucumber, watermelon, tomato, *R. pseudostellariae*, *P. Notoginseng*, *R. glutinosa*, *P. ginseng*, et al. Previous studies have reported that consecutive monoculture resulted in a significant increase in the amount of *F. oxysporum* in the rhizosphere of cropsas the number of monoculture years increased ([Wu et al. 2015](#_ENREF_50); [Zhao et al. 2015](#_ENREF_57); [Zhou and Wu 2011](#_ENREF_58)). Generally, pathogen abundance is positively correlated with disease incidence. The green, security and pollution-free methods need to be developed to reduce the fungal wilt incidence.

Based on the huge disadvantages of long-term intensive agriculture, the public demands and rising legislative have generated a growing attention on the development of sustainable agricultural practices. The potential benefits of biochar have been highlighted in this situation. Biochar is a byproduct of biomass pyrolysis resulting from biological residue, or incomplete combustion under low oxygen condition. As a soil amendment, biochar can be used to increase soil water and nutrient retention, reduce soil N2O, CO2 and CH4 emissions, release of soluble C and micronutrient availability, and raise pH levels of acidic soils ([Woolf et al. 2016](#_ENREF_45)). Within the studies of a dominant research intent, biochar trials were conducted for crop/plant production, greenhouse gas mitigation and pollutant remediation ([Zhang et al. 2016](#_ENREF_54)). The use of biochar as soil amendment has been approved to enhance plant growth and increased crop yields in different kinds of soils ([Egamberdieva et al. 2016](#_ENREF_9); [Gul and Whalen 2016](#_ENREF_15); [Tong et al. 2014](#_ENREF_42); [Yao et al. 2017](#_ENREF_53)). Furthermore, several reports also indicated that adding biochar did not have positive effects on crop yields ([Antonio Alburquerque et al. 2014](#_ENREF_3); [Gul et al. 2015](#_ENREF_16); [Reibe et al. 2015](#_ENREF_39); [Xie et al. 2013](#_ENREF_52); [Yao et al. 2017](#_ENREF_53)). The mechanisms that facilitate biochar-stimulated plant protection are still the subject of intensive research.

Healthy and asymptomatic plants in nature are colonized by a rich diversity of microbes (i.e. bacteria, fungi, protists, and viruses), forming complex microbial consortia that impact plant growth and productivity ([Hacquard 2016](#_ENREF_17)). Therefore, one potential hypothesis for ‘biochar effect’ is that biochar shapes the microbial community of the rhizosphere, recruiting beneficial microorganisms or disturbing proliferation of pathogens that stimulate plant growth and induce plant resistance([Harel et al. 2012](#_ENREF_18); [Huang et al. 2015](#_ENREF_20); [Kamoun et al. 2015](#_ENREF_23); [Kolton et al. 2017](#_ENREF_26); [Kolton et al. 2011](#_ENREF_27)). However, some studies indicated that biochar amendment significantly changed soil microbial communities and composition, others revealed the contrary trend ([Ennis et al. 2012](#_ENREF_10); [Lehmann et al. 2011](#_ENREF_28)). These contradictory results of ‘biochar effect’ targeted mainly bulk soils and not specifically the microbiome of the rhizosphere. Whereas the agricultural benefits of soil amendment with biochar are frequently reported, a limited number of mechanism studies have shown that biochar addition can negatively affect soil-borne pathogen, likely by adsorbing *Ralstonia solanacearum* bacterium (the causal agent of bacterial wilt) and reducing pathogen swarming motility and rhizosphere colonization ([Gu et al. 2017](#_ENREF_14)). Furthermore, the functional response of beneficial microorganisms after biochar amendments are not well-understood. We previously demonstrated that the interactions among specific microbes induced by root exudates constitute an important influential force on the soil-borne diseases, which induce pathogen accumulation at the expense of plant-beneficial microbes as a consequence of continuously monocultured *R. pseudostellariae* ([Wu et al. 2016a](#_ENREF_46); [Wu et al. 2017a](#_ENREF_47); [Wu et al. 2017b](#_ENREF_48)). There have been contrasting results that the biochar was effective in adsorbing root exudates, leading to reduce pathogen growth ([Gu et al. 2017](#_ENREF_14)). However, there have been no studies on the combined effects of biochar and root exudates on rhizosphere microorganisms.

Here we aimed at elucidating the biochar effects in the continuous monoculture by laboratory assays and greenhouse experiment. We applied a holistic approach that integrated three independent experiments for *R. pseudostellariae*, which is one of the most common and highly demanded Chinese medicines ([Wu et al. 2016a](#_ENREF_46); [Wu et al. 2017a](#_ENREF_47)). The first part evaluated the effect of biochar on the growth and net ion fluxes of plant in sterile culture medium. The second part focused on the dynamic changes of the rhizosphere microbial communities under continuous monoculture with the biochar application. The third part examined the impacts of biochar application as a function of microorganisms changes, which specifically focuses on: physiological effects on the soil-borne pathogen and beneficial microorganisms; combined effects of biochar and root exudates on rhizosphere microorganisms; detoxification of allelochemicals; metabolic characteristics of the *F. oxysporum*. Herein we evaluated potentially mechanism of biochar application as the means to reduce soil-borne pathogen and relief replanting disease.

**Materials and Methods**

**Biochar Treatment**

We selected a *R. pseudostellariae* variety (Zheshen 2) generally planted on a large-scale in the geo-authentic production zones of Fujian Province, China. The tubers were then transplanted into pots (6 cm diameter in bottom, 7 cm in top, 7 cm in pot height) containing different soils, which were sampled from the upper soil layer (0–15 cm) of fields in the experimental station of Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou, China (26°08ʹN, 119°28ʹE). Three soils were selected as the experimental soils: newly-planted soil (previously never planted with *R. pseudostellariae*), one-year monoculture soil (planted with *R. pseudostellariae* for one year) and two-year monoculture soil (planted with *R. pseudostellariae* for two year). The biochars (rice hull-derived biochar, ground to sizes of 50–150 μm, made in Dalian Jiu Cheng Company, China) were mixed with one-year monoculture and two-year monoculture soil (3%; w:w) before sowing, respectively. Two young plantsof *R. pseudostellariae* were planted in each pot , then incubated in the greenhouse (day length 16h, day/night temperature 26°C/18°C). The pot experiment was conducted in three replicates. The rhizosphere soil of the five treatments were collected at 0, 3, 5, 7, 8 weeks after sowing, respectively.

The tissue cultures of *R. pseudostellariae* were incubated in Murashige and Skoog (MS) rooting medium for 60 days, in which most of the roots grow well. The 1% and 3% (w/v) sterilization biochars were added to the tissue cultures medium of *R. pseudostellariae* for 12 h. The whole plantlets from sterile culture were carefully freed from medium. The meristematic zone and root hair zone with apices of 1–2 cm were used for steady state measurements of the net H+, Na+, NH4+, NO3- and Ca2+ fluxes by using NMT (Non-invasive Micro-test Technology).

**Steady** **State Measurements of** **Net ion Fluxes**

The net fluxes of H+, Na+, NH4+, NO3- and Ca2+ in *R. pseudostellariae* meristematic zone and root hair zone were measured using NMT(Younger U.S.A, Xuyue Sci. & Tech. Co., Ltd.). The concentration of the ions and concentration gradients were measured by moving the ion-selective microelectrode between two positions close to the materials in a preset excursion (20 μm) at a programmable frequency at around 0.16 Hz. Ion-selective microelectrodes for the target ions were calibrated prior to flux measurements: (1) H+: pH 5.5, 6.5 (pH was 6.0 in the measuring buffer); (2) Na+: measuring buffer was usually 0.9 mM; (3) Ca2+: measuring buffer was 0.1 mM, (4) NH4+: measuring buffer was 0.1 mM, and (5) NO3-: measuring buffer was 0.1 mM. All electrodes used for steady recordings were usually corrected 2–3 times by calibrations during the experiments. The ion flux rate was calculated using Fick’s law of diffusion: *J* = −*D* (*dc*/*dx*), where *J* is the ion flux in the *x* direction, *dc* represents the ion concentration difference, *dx* is the microelectrode movement between two positions, *dc*/*dx* is the ion concentration gradient, and *D* represents the ion diffusion coefficient in a particular medium.

**Quantitative PCR analysis of microbial communities in the rhizosphere soil with biochar application**

The total soil DNA was extracted using a BioFast soil Genomic DNA Extraction kit (BioFlux, Hangzhou, China) based on the manufacturer’s protocol. For each sample, three replicates were carried out. Quantitative PCR assay was performed on the CFX96 Real-Time system (Bio-RDA, U.S.A) to determine the abundance of total bacteria (Eub338/Eub518), fungal (ITS1F/ITS4), *Pseudomonas*(Ps-for/Ps-rev), *Burkholderia spp.* (Burk3/BurkR),*Bacillus* (BacF/1378), *Bacillus pumilus* (BP-F/BP-R), *Fusarium oxysporum* (ITS1F/AFP308R), *Talaromyces helicus* (TH1F/TH1R), *Kosakonia sacchari* (saesu-F/saesu-R) populations using the primer sets and conditions ([Fierer et al. 2005](#_ENREF_11); [Gao et al. 2008](#_ENREF_12); [Kielak et al. 2008](#_ENREF_24); [Lievens et al. 2005](#_ENREF_31); [Okubo and Sugiyama 2009](#_ENREF_36); [T Weedon et al. 2012](#_ENREF_41); [Wu et al. 2016a](#_ENREF_46)) listed in Table S1 and S2. The reaction system was performed in 15 μL reaction mixtures containing 0.5 μL of each primer (10 μM), 7.5 μL 2×SYBR green I SuperReal Premix (Transgen, Beijing, China) and template DNA (20 ng of total soil DNA or a serial dilution of plasmid DNA for standard curves). Four independent quantitative PCR assays were performed for each treatment.

**Microorganisms**

We selected some pathogens (*Fusarium oxysporum*, *Talaromyces helicus*, *Fusarium moniliforme*, *Kosakonia sacchari*) and beneficial microorganisms (*Pseudomonas chlororaphis*, *Burkholderia ambifaria*, *Bacillus pumilus* and *Trichoderma harzianum*), which were isolated from monocultured *R. pseudostellariae* rhizosphere soil and previously identified to be involved in the consecutive monoculture problems of *R. pseudostellariae* ([Chen et al. 2017](#_ENREF_6); [Wu et al. 2016a](#_ENREF_46); [Wu et al. 2016b](#_ENREF_49); [Wu et al. 2017a](#_ENREF_51); [Wu et al., 2017b](#_ENREF_53)).

**The combined** **effects of biochar and root exudates on** **specific microorganisms**

**Assessment of the combined effects on** **pathogenic fungi**

There were two kinds of culture medium were conducted in this study. The control group (I) was dedicated to understanding the effect of root exudates on the growth of fungi. The culture medium consisted of 1/4 PDA and a series of concentration gradients (0, 120, 240, and 360 μM) of root exudates (OA: mixed organic acids, PA: mixed phenolic acids) ([Wu et al. 2016a](#_ENREF_46); [Wu et al. 2017a](#_ENREF_47)) were set in the culture dish, respectively. An additional treatment group (II) ascertained the contribution of the biochar effects to pathogenic fungi inhibition. The culture medium consisted of 1/4 PDA, 3% (w/w) sterilization biochar and a series of concentration gradients of root exudates. After preparation of the culture medium plates, thefungi mycelia (*F. oxysporum*, *F. moniliforme* and *T. helicus*) removed from actively growing colony margin were then placed in the center of the plates, respectively. Plates were placed in a 30 °C constant temperature incubator for 7 d, after which the mycelium diameter was measured. Each treatment was replicated 3 times.

**The combined effects on specific bacteria**

The culture medium of control group contained 1/4 LB and a series of concentration gradients (0, 120, 240, and 360 μM) of root exudates (OA: mixed organic acids, PA: mixed phenolic acids), respectively. The 1/4 LB, 3% (w/w) sterilization biochar and a series of concentration gradients of root exudates were set in the treatment group. The bacteria (*P. chlororaphis*, *B. ambifaria*, *B. pumilus* and *K. sacchari*,) were grown in LB media until an OD600 of 0.7 was reached. The suspension were then diluted to suitable concentration, and plated on mentioned above plates. CFUs were counted after incubation at 37 °C for 24 h. The experiment was replicated independently three times.

**Assessment of the adsorption of fungal spores onto biochar**

Sporulation of fungi (*F. oxysporum*, *T. harzianum* and *T. helicus*) were achieved by adding fungal mycelia to 4-fold dilution of PDA broth medium, respectively. After 8 days of incubation in a liquid shaker with 200 rpm at 30 °C, the spores were collected by filtering the fungal suspension. The liquid spores were divided into two groups of equal volume. Then the 3% (w/v) sterilization biochar were added to the one group of liquid spores. After two hour of incubation at room temperature, the spores were counted by hemocytometer and converted to the number of conidia in a liquid culture.

**The effects of biochar on** **allelopathy of pathogenic fungi**

The same amount of fungal suspension (*F. oxysporum* and *T. helicus*) were inoculated into a 4-fold dilution of PDA medium containing different concentrations of sterilization biochar (0, 1%, 2%, 3% (w/v)) and incubated in a liquid shaker with 200 rpm at 30 °C for nine days, respectively. The liquid fermented were first filtered using double filter paper and then filtered using a 0.22-μm ultrafiltration membrane. The filtrate without addition biochar were divided into two groups of equal volume. The 3% (w/v) sterilization biochar were added to the one group of filtrate for two hour and then filtered using a 0.22-μm ultrafiltration membrane. The five kinds of each fungal filtrate were maintained in the dark at -20 °C.

Seeds of both barnyard grass and lettuce were surface-sterilized with NaClO (1%; v:v) and pre-germinated in laboratory, and then sown on the surface of filterpaper in the sterilization bottles, respectively. And then 4 mL of the mentioned above filtrate were added to bottles, respectively. The control received only an equal volume of double distilled water*.* Barnyard grass and lettuce plants were maintained under greenhouse conditions at 28 °C during the day and 20 °C at night for 6 days and 4 days, respectively. All plants were then harvested and the stem heights and root lengths were measured. Plants dry mass were measured after oven drying at 80 °C to a constant mass. Each treatment was replicated four times and each replicate contained 6 plants.

**The effects of biochar on secondary metabolites of *F. oxysporum***

The same amount of *F. oxysporum* suspension were inoculated into a 150 mL1/4 PDA medium containing different concentrations of sterilization biochar (0, 3% (w/v)) and incubated in a liquid shaker with 200 rpm at 30 °C for nine days, respectively. The liquid fermented were first filtered using double filter paper and then filtered using a 0.22-μm ultrafiltration membrane. The filtrate without addition biochar were divided into two groups of equal volume. The 3% (w/v) sterilization biochar were added to the one group of filtrate for two hour and then filtered using a 0.22-μm ultrafiltration membrane. The biochar-treated fungus (CJB) and biochar-treated metabolites (CCK) were set as test control. The non-treated group (JB) was used as the negative control.

The three kinds of each fungal filtrate were extracted five times with ethyl acetate. The resultant extracts were pooled and evaporated to 1 mL at 4 °C. The 20μL of 2mg/mL ribitol was added to extracts and evaporated to dryness at 4 °C. The residues were exposed through a 120 min 37 °C reaction with 40 μL of 20 mg/mL methoxyamine hydrochloride in pyridine. This was followed by derivatization of acidic protons by a 30 min 37 °C reaction with the addition of 70 μL of N-methyl-N-trimethylsilyltrifluoroacetamide (MSTFA, Sigma-Aldrich). The extracts were analyzed by Shimadzu quadrupole GC/MS using electron impact ionization. Separation was achieved on a 30-m long, 0.25 lm film, capillary column using the following conditions: initial oven temperature 60 °C, initial hold 1 min; ramp 10 °C min-1 to final temperature of 120°C, hold 2 min; ramp 15 °C min-1 to final temperature of 200°C, hold 4 min; ramp 20 °C min-1 to final temperature of 240°C, final hold 11 min, MS injector 220°C. The injection volume was 1μL and flow rate was kept constant at 1 mL min-1. Metabolites were identified as previously described ([Wang et al. 2016](#_ENREF_43)).

**Results**

**The influence of** **biochar on the physiological characteristics of the *R. pseudostellariae***

The test concentrations of biochar did not show significantly promotional effects towards the culture plantlets of *R. pseudostellariae* (Figure 1A and B). The slight but insignificant increase in biomass were observed following biochar addition. However,

D:\研究生阶段\Study\发表论文\生物炭改良连作效应\Soil & Tillage Research\图表\Figure 1.tif

Figure 1 The effects of biochar on Radix pseudostellariae total fresh biomass (A) and dry biomass (B) in tissue culture medium. Columns with different letters are statistically different (LSD test, p < 0.05).

figure 1C shows that biochar had a better effect on the growth of *R. pseudostellariae* in the soil in the one-year monoculture and two-year monoculture. Biochar significantly promoted the plant biomass of *R. pseudostellariae*, especially in the two-year monoculture soil (Figure 1D and E).

NMT was used to measure the NO3-, NH4+, Na+, Ca2+ and H+ fluxes in *R. pseudostellariae* meristematic zone and root hair zone (Figure 2 and 3). Compared with the control, biochar reduced the NO3- efflux or reversed the rectification toward an influx in meristematic and root hair zone. Similarly, 3% biochar shock increased the Na+ influx in the both two zones. In the presence of biochar, the meristematic zone exhibited a reductive influx of NH4+. In the meristematic zone, biochar promoted the Ca2+ efflux, and the flux rate increased with increasing biochar concentrations. Meanwhile, the Ca2+ influx rate were decreased in the root hair zone under the treatment of biochar. The meristematic zone exhibited a fluctuating H+ flux, whereas root hair zone caused a stable and constant H+ influx. After exposure to the 1% and 3% biochar, H+ fluxes in meristematic zone exhibited a two-phase response, 1% biochar induced a net H+ efflux, but a pronounced shift toward an influx was seen at the presence of 3% biochar. In contrast to meristematic zone, biochar decreased H+ efflux in the root hair zone and the reductive rate increased with increasing biochar concentrations.

D:\研究生阶段\Study\发表论文\生物炭改良连作效应\Soil & Tillage Research\图表\Figure 2.tif

Figure 2 Steady state measurements of net fluxes on meristematic zone of R. pseudostellariae under biochar treatment.

D:\研究生阶段\Study\发表论文\生物炭改良连作效应\Soil & Tillage Research\图表\Figure 3.tif

Figure 3 Steady state measurements of net fluxes on root hair zone of R. pseudostellariae under biochar treatment

**The effect of biochar application on** **microbial communities in the rhizosphere soil**

The bacterial and fungal abundances in all soil samples were determined using qRT-PCR analysis. The abundance of bacteria varied from 2.70×108 to 4.14×109 cells g-1 soil. The fungi were 5.09×105 to 5.29×108 cells g-1 soil (Figure 4). In general, the biochar addition increased bacterial and fungal abundances in the two-year monoculture soil, especially at the eighth week, at which the average abundances increased by 262.90% and 147.51% in pairwise comparisons with the TY treatment, respectively (Figure S1A). The biochar could also increase fungal abundances in the one-year monoculture soil (except at the seventh week). The ratio of fungi to bacteria was significantly decreased in the TY+Biochar treatment compared with that in the TY treatment after the fifth week (Figure 4C). However, this ratio kept increasing in the SY+Biochar treatment from the fifth week and reached a high value in the eighth week.

**D:\研究生阶段\Study\发表论文\生物炭改良连作效应\Soil & Tillage Research\图表\Figure 4.tif**

Figure 4 Total bacterial and fungal contents in R. pseudostellariae rhizosphere soil under biochar treatments. Columns with different letters are statistically different (LSD test, p < 0.05). FY represents newly-planted soil, SY and TY represent one-year monoculture soil and two-year monoculture soil. SY+Biochar and TY+Biochar represent biochar (3%; w:w) addition to one-year and two-year monoculture soil, respectively.

Moreover, the biochar addition increased the pathogenic abundances (*F. oxysporum*, *T. helicus*, and *K. sacchari*) within five weeks, and then sharp decreased (Figure 5). For the *F. oxysporum*, the average reduction ratio reached to 98.58% and 99.90% in the one-year and two-year monoculture soil, respectively (Figure S1B). The average abundances of *K. sacchari* decreased by 54.43% and 97.09% in the two kinds of soils compared with that in the SY and TY monoculture soils, respectively. Furthermore, the abundancesof potentially beneficial *Pseudomonas*, *Burkholderia spp*. and *Bacillus* have been increased under the biochar amendment within three weeks. The abundancesof *Pseudomonas* decreased from the weeks 5 to 8, but still higher than the un-biochar treatment in the SY and TY monoculture soils, respectively. However, the biochar addition had a negative effect on the contents of *Burkholderia spp* in TY monoculture soil after treatment from 5 to 8 weeks. The content of *B. pumilus* persisted in slight changes in time courses of biochar-amendment, and significantly increased the abundances in the two-year monoculture soil. The inverse was true in the two-year monoculture soil. Our results suggested that the biochar amendment was able to increase the microbial abundances during the earlier stages of the treatment, then decrease them in succession.

D:\研究生阶段\Study\发表论文\生物炭改良连作效应\Soil & Tillage Research\图表\Figure 5.tif

Figure 5 Populations of microorganisms in R. pseudostellariae rhizosphere soil after biochar treatment.

**The combined effects of biochar and** **root exudates on** **specific microorganisms**

The co-culture assays were conducted to determine whether the addition of biochar affects the growth of specific microorganisms which were involved in the consecutive monoculture problems of *R. pseudostellariae*. Our data demonstrated that 3% biochar significantly inhibited the growth of *F. oxysporum*, *F. moniliforme*, *T. helicus*, *K. sacchari*, *B. ambifaria*, *P. chlororaphis* and *B. pumilus* (Figure 6 and 7), which have been confirmed to be involved in the consecutive monoculture problems of *R. pseudostellariae* in our previous studies.

D:\研究生阶段\Study\发表论文\生物炭改良连作效应\Soil & Tillage Research\图表\Figure 6.tif

Figure 6 The combined effects of biochar and root exudates on pathogenic fungi. A, B and C represent the Fusarium oxysporum, Fusarium moniliforme and Talaromyces helicus, respectively. OA and PA represent organic acids and phenolic acids, respectively; 120, 240, 360 mean the concentration (μM). Significant values are indicated by asterisks (\*, p < 0.05; \*\*, p < 0.01) and were determined by LSD test.

D:\研究生阶段\Study\发表论文\生物炭改良连作效应\Soil & Tillage Research\图表\Figure 7.tif

Figure 7 The combined effects of biochar and root exudates on specific bacteria. A, B, C and D represent the Kosakonia sacchari, Burkholderia ambifaria, Pseudomonas chlororaphis and Bacillus pumilus, respectively.

The association between biochar and root exudates had negative effects on the growth of pathogenic fungi and bacterium. The biochar significantly inhibited the growth of pathogenic *F. oxysporum*, *T. helicus* and *K. sacchari* in the PA and OA treatments, and the inhibitory effects showed significantly valid at the treated concentration up to 360 μM. In contrast, it always showed a slightly but insignificantly inhibitory on *F. moniliforme* under the different treatments. To further manipulate biochar effects on the beneficial bacteria, *B. ambifaria*, *P. chlororaphis* and *B. pumilus* were chosen, in response to the same treatments. Biochar addition resulted in the marked population decreases in the *B. ambifaria* and *P. chlororaphis* at all the treated concentrations (except for OA at 120 μM) of root exudates, respectively. Furthermore, the similar effects were detected in *B. pumilus* treated at low concentrations of PA and OA. However, no significant decrease were observed in *B. pumilus* after exposed to biochar at the high concentrations.

To further confirm whether the biochar has the ability to adsorb fungal spores, and if this is affected by fungal genres, we measured residual spores levels under the treatment of biochar. We found that biochar was effective in adsorbing both pathogenic (*F. oxysporum*) and beneficial (*Trichoderma harzianum*) fungi spores (Figure S2). These results suggested that the combination between biochar and root exudates had significantly negative effects on the proliferation of fungi microorganisms.

**The effects of** **biochar on** **allelopathy of pathogenic fungi**

The metabolite of *F. oxysporum* and *T. helicus* had much stronger negative effects on lettuce plants than it had on Barnyard grass (Figure 8, 9 and S3). And a slight reduction in stem heights and root lengths of Barnyard grass were also observed following metabolite addition. In contrast, biochar strongly affected the metabolites of *F. oxysporum* and *T. helicus*, and as a result, significantly promotive effects were

D:\研究生阶段\Study\发表论文\生物炭改良连作效应\Soil & Tillage Research\图表\Figure 8.tif

Figure 8 The effects of biochar on allelopathy of pathogenic fungi to barnyard grass. 1 represents non-treated control group; 2, 3, 4, 5 represent the F. oxysporum metabolites of 0%, 1%, 2%, 3% biochar-treated fungus, respectively. 6 represents 3% biochar-treated F. oxysporum metabolites. 7, 8, 9, 10 represent the T. helicus metabolites of 0%, 1%, 2%, 3% biochar-treated fungus, respectively. 11 represents 3% biochar-treated T. helicus metabolites.

D:\研究生阶段\Study\发表论文\生物炭改良连作效应\Soil & Tillage Research\图表\Figure 9.tif

Figure 9 The effects of biochar on allelopathy of pathogenic fungi to lettuce

observed in stem heights and root lengths. The ability of biochar to adsorb fungal metabolite products were studied indirectly by measuring the lettuce and Barnyard grass growth with 3% biochar-treated metabolites and the non-treated. We found that plants growth were strongly promoted with 3% biochar-treated metabolites compared to non-treated metabolites, and the treated plants growth would reach the levels of normal plants. Together these results suggest that biochar application was able to effectively reduce the negative allelopathy of pathogenic fungi on the target plants.

**The** **effects of biochar on secondary metabolites****of *F. oxysporum***

The multivariate data analysis were used to identity crucial metabolites of *F. oxysporum*. For understanding the effects of biochar on metabolites of *F. oxysporum*, orthogonal partial least-squares discriminant analysis (OPLS-DA) was applied for the recognition of the sample patterns, followed by ranking the altered metabolites in loading. Three groups, the non-treated control group (JB), biochar-treated fungus (CJB) and biochar-treated metabolites (CCK), were clearly separated. Specifically, the first component (t[1]) and second component (t[2]) differentiated the two biochar-treated groups from non-treated control group, respectively. The second component (t[2]) separated the two biochar-treated groups (Figure 10A).

C:\Users\miao\Desktop\Figure 11.tif

Figure 10 Multivariate data analysis. A: OPLS-DA of non-treated control group (JB), biochar-treated fungus (CJB) and biochar-treated metabolites (CCK). Each triangle represents the technological replicate of samples in the plot. (B, C, D) S-plot generated from OPLS-DA. B: Predictive component p[1] and correlation p(corr)[1] explain the difference between JB and CJB samples. C: The difference between JB and CCK samples. D: The difference between CJB and CCK samples. The triangle represents metabolites in which candidate biomarkers are marked.

Ranking of the varied metabolites displayed 7,10-Hexadecadienoic acid methyl ester, dibutyl phthalate, 1-monooleoylglycerol, l-felinine, threitol, palmitic acid, 1-monopalmitin, 4-penten-1-ol, levoglucosan, 3-deoxyhexonic acid and 1,3,5-benzetriolas metabolites that had the first eleven largest correlations and covariances between JB and CJB samples, respectively (Figure 10B), and retinal, octadecanamide, oleamide, palmitamide, palmitic acid, urea, 3,3'-thiodipropanol, citronellic acid and 4-penten-1-ol, were identified as the biomarkers that had the first nine largest correlations and covariances between JB and CCK samples, respectively (Figure 10C). Threitol, 3-deoxyhexonic acid, levoglucosan, palmitic acid, oxalic acid, citronellic acid, glycerol monostearate, 3,3'-thiodipropanol, dibutyl phthalate, urea and retinal were biomarkers to distinguish the CJB and CCK samples, respectively (Figure 10D). These results indicated that the nine metabolites identified by predictive component were highly related to the biochar treatment (Figure 11). Among these differential metabolites, the octadecanamide, 1-monopalmitin, palmitamide, 7,10-hexadecadienoic acid methyl ester, l-felinine, 1-monooleoylglycerol, oleamide were absolutely adsorbed by the biochar. Thus, the biochar had significantly negative effects on the allelopathic ability of *F. oxysporum* via absorbing the the allelochemicals such as the 1-monopalmitin, palmitamide, 1-monooleoylglycerol, octadecanamide and oleamide.

**Discussion**

The positive effects of biochar on productivity have previously been reported in many monoculture and intercropping systems ([Harpole and Biederman 2014](#_ENREF_19); [Jeffery et al. 2011](#_ENREF_21); [Liu et al. 2017b](#_ENREF_33)), the underlying mechanism is currently unknown. Here we studied the direct effects of biochar on the *R. pseudostellariae*. The results show that a slight but insignificant increase was observed in the biomass of *R. pseudostellariae* after biochar addition. But the biochar addition increased the NO3- and NH4+ uptake in treated plants which could help improve the nutrient use efficiency. This result was similar to a previous study in which the biochar addition thus affected plant root nutrient acquisition directly as a nutrient source and indirectly by altering soil nutrient content ([Prendergast-Miller et al. 2014](#_ENREF_38)). This findings suggest that the beneficial biochar effects on productivity are not due to the direct effects on the receptor plants, but more likely related to indirect effects on plant growth caused by changing microbial flora.

The microbes in the rhizosphere, referred to as the second genome of the plants, which were linked to stimulation of plant defense mechanisms ([Berendsen et al. 2012](#_ENREF_5)). Our previous results have also shown that consecutive monoculture could significantly increase the population of pathogenic *F. oxysporum*, *T. helicus* and *K. sacchari*, but decline the abundances of potentially beneficial *Penicillium*, *Pseudomonas* spp., *Burkholderia* spp. and *Bacillus pumilus* diversity in the rhizosphere soil ([Chen et al. 2017](#_ENREF_6); [Wu et al. 2016a](#_ENREF_46); [Wu et al. 2016b](#_ENREF_49); [Wu et al. 2015](#_ENREF_50); [Wu et al. 2016c](#_ENREF_51)). In this study, we have demonstrated the biochar effects on dynamic changes of the rhizosphere microbial communities under continuous monoculture regimes. The results showed the biochar application increased the abundances of total bacteria and fungi. Conversely, a clear negative effect on pathogenic *F. oxysporum*, *T. helicus* and *K. sacchari*. Furthermore, the contents of potentially beneficial *Bacillus*, *Pseudomonas* spp., *Burkholderia* spp. and *B. pumilus* increased after the biochar amendment. Our findings are consisted with the results of Egamberdieva ([2016](#_ENREF_9)), indicating a significant raise in the diversity of potential plant growth promoting rhizobacteria of soybeans after amendment with biochar. We found the biochar significantly inhibited the growth of *F. oxysporum*, *K. sacchari*, *T. helicus* and *F. moniliforme*, and adsorbed fungi spores in vitro, similar to earlier observations of bacterial wilt and *Fusarium* wilt ([Akhter et al. 2016](#_ENREF_1); [Gu et al. 2017](#_ENREF_14)).

Recent research has revealed that plants can shape their rhizospheric microbiomes and host specific microbial communities through root exudates ([Berendsen et al. 2012](#_ENREF_5); [Doornbos et al. 2012](#_ENREF_8); [Kamilova et al. 2006](#_ENREF_22); [Zhang et al. 2011](#_ENREF_55)). Previous studies have reported that root exudates significantly promoted the growth of pathogens in the continuous monoculture regimes ([Li et al. 2014](#_ENREF_29); [Li X et al. 2014](#_ENREF_30); [Liu et al. 2017a](#_ENREF_32); [Wu et al. 2016a](#_ENREF_46); [Wu et al. 2017a](#_ENREF_47)). Adsorption to low molecular weight compounds of root exudates could be efficient in preventing pathogen invasions ([Masiello et al. 2013](#_ENREF_34)). There are increasing evidences that root exudates have less promotive effects on the bacterial wilt incidence after adsorbed by the biochar ([Gu et al. 2017](#_ENREF_14)). Our study shows that the combination of biochar with root exudates have negative effects on the growth of pathogenic fungi and beneficial bacteria. The combination could significantly affect the pathogenic *F. oxysporum*, *T. helicus* and *K. sacchari* at the high concentrations of root exudates. Therefore, application of biochar can significantly inhibit the growth of pathogen directly and indirectly via adsorption of root exudates to decrease fungal and bacterial wilt incidence in the rhizosphere soil.

Fungal wilt pathogens have evolved strategies to overcome host defences and recognize suitable hosts, penetrate and invade plant tissue, adjust metabolic and morphogenetic changes, which include directed hyphal growth and secretion of lytic enzymes and phytotoxins ([Di Pietro et al. 2001](#_ENREF_7); [Knogge 1996](#_ENREF_25)). In general, phytotoxins may interact with a range of cellular targets, elicit plant cell death and derive nutrition from the dead tissue, alter gene expression and enzymes activity of plant, or undermine membrane integrity ([Moebius and Hertweck 2009](#_ENREF_35)). In the present work, we visualized the interactions between the biochar and the metabolites of the pathogenic fungi in order to get a better understanding of the biocontrol process. The biochar significantly reduced and absorbed the virulence of pathogenic fungi on the plants. Metabolomic investigation provides instantaneous snapshots of the physiological status of the pathogen, thereby delineating the metabolic profiles in response to environmental stress ([Alreshidi et al. 2015](#_ENREF_2); [Belenky et al. 2015](#_ENREF_4); [Wang et al. 2016](#_ENREF_43)). Research on the metabolites involved in biological processes would nevertheless be a way to hijack the normal metabolism of pathogens ([Wang et al. 2016](#_ENREF_43)). Further, the GC−MS-based metabolomics have been used to understand metabolic mechanisms in *F. oxysporum* and fungus response to biochar addition, respectively, and identified crucial biomarkers. Exposed to biochar, *F. oxysporum* significantly altered the composition of their metabolomes. These altered metabolites construct a differential metabolome in response to fungus growth and plant disease. Peng., *et al*. ([2015](#_ENREF_37)) have focused on antibiotic resistance, the differential metabolome related to antibiotic resistance is termed antibiotic-resistant metabolome. Accordingly, the differential metabolome related to fungus growth is termed the antifungal metabolome. Among these differential metabolites related to biochar stress, 1-monopalmitin, palmitamide, 7,10-hexadecadienoic acid methyl ester, l-felinine, 1-monooleoylglycerol, dibutyl phthalate, 3-deoxyhexonic acid, oleamide could be used as the crucial biomarkers contributing to the response to the *F. oxysporum* growth. Our data indicate that the biochar affect the metabolism process of *F. oxysporum*, and then inhibit the mycelium growth and abate the virulence.

Our study demonstrated that the biochar amendment related to indirect effects on continuous monoculture caused by changing microbial community and metabolites in the rhizosphere soil. The results gave a promising strategy for the control of replanting disease by biochar application. This rhizosphere management has a huge influence on the sustainability development of agriculture. In this study, we also found the biochar significantly absorbed the spores of beneficial *T. harzianum* and had negative effects on the contents of some beneficial bacteria, similar to a clear negative effect on AM fungal abundance after adding biochar ([George et al. 2012](#_ENREF_13); [Warnock et al. 2010](#_ENREF_44)). Meanwhile, the beneficial *B. ambifaria*, *P. chlororaphis* and *B. pumilus* were also inhibited by the biochar. The future research should focus and substantiate the possible mechanisms behind such positive and negative effects, especially in the rhizosphere soil and long-term field trials.

**Acknowledgements**

We thank the Excellent initiative of College of Life Sciences for graduate students, Fujian-Taiwan Joint Innovative Center for Germplasm Resources and Cultivation of Crop (Fujian 2011 Program，No.2015-75, China) for providing the funds used in this work. We also thank Weng Hongwu Academic Innovation Research Fund of Peking University and Original Research Fund of Peking University.

**Funding information**

This study was supported by National Science Foundation of China (81573530, 81781260274, 31401950), Scientific Research Foundation of Graduate School of Fujian Agriculture and Forestry University (324-1122YB031), Central leading local science and technology development special fund project (2017L3010008).

**REFERENCES**

Akhter A, Hage-Ahmed K, Soja G, Steinkellner S (2016) Potential of Fusarium wilt-inducing chlamydospores, in vitro behaviour in root exudates and physiology of tomato in biochar and compost amended soil. Plant and Soil 406: 425-440. doi: 10.1007/s11104-016-2948-4.

Alreshidi MM, Dunstan RH, Macdonald MM, Smith ND, Gottfries J, Roberts TK (2015) Metabolomic and proteomic responses of Staphylococcus aureus to prolonged cold stress. Journal of Proteomics 121: 44-55. doi: 10.1016/j.jprot.2015.03.010.

Antonio Alburquerque J, Manuel Calero J, Barron V, Torrent J, Carmen del Campillo M, Gallardo A, Villar R (2014) Effects of biochars produced from different feedstocks on soil properties and sunflower growth. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 177: 16-25. doi: 10.1002/jpln.201200652.

Belenky P, Ye JD, Porter CBM, Cohen NR, Lobritz MA, Ferrante T, Jain S, Korry BJ, Schwarz EG, Walker GC, Collins JJ (2015) Bactericidal Antibiotics Induce Toxic Metabolic Perturbations that Lead to Cellular Damage. Cell Reports 13: 968-980. doi: 10.1016/j.celrep.2015.09.059.

Berendsen RL, Pieterse CMJ, Bakker P (2012) The rhizosphere microbiome and plant health. Trends in Plant Science 17: 478-486. doi: 10.1016/j.tplants.2012.04.001.

Chen J, Wu L, Xiao Z, Wu Y, Wu H, Qin X, Wang J, Wei X, Khan MU, Lin S, Lin W (2017) Assessment of the Diversity of Pseudomonas spp. and Fusarium spp. in Radix pseudostellariae Rhizosphere under Monoculture by Combining DGGE and Quantitative PCR. Frontiers in Microbiology 8. doi: 10.3389/fmicb.2017.01748.

Di Pietro A, Garcia-MacEira FI, Meglecz E, Roncero MI (2001) A MAP kinase of the vascular wilt fungus Fusarium oxysporum is essential for root penetration and pathogenesis. Molecular microbiology 39: 1140-1152. doi: 10.1046/j.1365-2958.2001.02307.x.

Doornbos RF, van Loon LC, Bakker PAHM (2012) Impact of root exudates and plant defense signaling on bacterial communities in the rhizosphere. A review. Agronomy for Sustainable Development 32: 227-243. doi: 10.1007/s13593-011-0028-y.

Egamberdieva D, Wirth S, Behrendt U, Allah EFA, Berg G (2016) Biochar Treatment Resulted in a Combined Effect on Soybean Growth Promotion and a Shift in Plant Growth Promoting Rhizobacteria. Frontiers in Microbiology 7. doi: 10.3389/fmicb.2016.00209.

Ennis CJ, Evans AG, Islam M, Ralebitso-Senior TK, Senior E (2012) Biochar: Carbon Sequestration, Land Remediation, and Impacts on Soil Microbiology. Critical Reviews in Environmental Science and Technology 42: 2311-2364. doi: 10.1080/10643389.2011.574115.

Fierer N, Jackson JA, Vilgalys R, Jackson RB (2005) Assessment of soil microbial community structure by use of taxon-specific quantitative PCR assays. Applied and Environmental Microbiology 71: 4117-4120. doi: 10.1128/aem.71.7.4117-4120.2005.

Gao Z, Li B, Zheng C, Wang G (2008) Molecular detection of fungal communities in the Hawaiian marine sponges Suberites zeteki and Mycale armata. Applied and Environmental Microbiology 74: 6091-6101.

George C, Wagner M, Kuecke M, Rillig MC (2012) Divergent consequences of hydrochar in the plant-soil system: Arbuscular mycorrhiza, nodulation, plant growth and soil aggregation effects. Applied Soil Ecology 59: 68-72. doi: 10.1016/j.apsoil.2012.02.021.

Gu Y, Hou Y, Huang D, Hao Z, Wang X, Wei Z, Jousset A, Tan S, Xu D, Shen Q, Xu Y, Friman V-P (2017) Application of biochar reduces Ralstonia solanacearum infection via effects on pathogen chemotaxis, swarming motility, and root exudate adsorption. Plant and Soil 415: 269-281. doi: 10.1007/s11104-016-3159-8.

Gul S, Whalen JK (2016) Biochemical cycling of nitrogen and phosphorus in biochar-amended soils. Soil Biology & Biochemistry 103: 1-15. doi: 10.1016/j.soilbio.2016.08.001.

Gul S, Whalen JK, Thomas BW, Sachdeva V, Deng H (2015) Physico-chemical properties and microbial responses in biochar-amended soils: Mechanisms and future directions. Agriculture Ecosystems & Environment 206: 46-59. doi: 10.1016/j.agee.2015.03.015.

Hacquard S (2016) Disentangling the factors shaping microbiota composition across the plant holobiont. New Phytologist 209: 454-457.

Harel YM, Elad Y, Rav-David D, Borenstein M, Shulchani R, Lew B, Graber ER (2012) Biochar mediates systemic response of strawberry to foliar fungal pathogens. Plant and Soil 357: 245-257. doi: 10.1007/s11104-012-1129-3.

Harpole WS, Biederman LA (2014) On the importance of accurate reporting: a response to comments on 'Biochar and its effects on plant productivity and nutrient cycling: a meta-analysis'. Global Change Biology Bioenergy 6: 172-175. doi: 10.1111/gcbb.12093.

Huang W-k, Ji H-l, Gheysen G, Debode J, Kyndt T (2015) Biochar-amended potting medium reduces the susceptibility of rice to root-knot nematode infections. Bmc Plant Biology 15. doi: 10.1186/s12870-015-0654-7.

Jeffery S, Verheijen FGA, van der Velde M, Bastos AC (2011) A quantitative review of the effects of biochar application to soils on crop productivity using meta-analysis. Agriculture Ecosystems & Environment 144: 175-187. doi: 10.1016/j.agee.2011.08.015.

Kamilova F, Kravchenko LV, Shaposhnikov AI, Azarova T, Makarova N, Lugtenberg B (2006) Organic acids, sugars, and L-tryptophane in exudates of vegetables growing on stonewool and their effects on activities of rhizosphere bacteria. Molecular Plant-Microbe Interactions 19: 250-256. doi: 10.1094/mpmi-19-0250.

Kamoun S, Furzer O, Jones JDG, Judelson HS, Ali GS, Dalio RJD, Roy SG, Schena L, Zambounis A, Panabieres F, Cahill D, Ruocco M, Figueiredo A, Chen X-R, Hulvey J, Stam R, Lamour K, Gijzen M, Tyler BM, Gruenwald NJ, Mukhtar MS, Tome DFA, Toer M, Van den Ackerveken G, McDowell J, Daayf F, Fry WE, Lindqvist-Kreuze H, Meijer HJG, Petre B, Ristaino J, Yoshida K, Birch PRJ, Govers F (2015) The Top 10 oomycete pathogens in molecular plant pathology. Molecular Plant Pathology 16: 413-434. doi: 10.1111/mpp.12190.

Kielak A, Pijl AS, Van Veen JA, Kowalchuk GA (2008) Differences in vegetation composition and plant species identity lead to only minor changes in soil-borne microbial communities in a former arable field. FEMS microbiology ecology 63: 372-382.

Knogge W (1996) Fungal Infection of Plants. The Plant Cell 8: 1711-1722.

Kolton M, Graber ER, Tsehansky L, Elad Y, Cytryn E (2017) Biochar-stimulated plant performance is strongly linked to microbial diversity and metabolic potential in the rhizosphere. New Phytologist 213: 1393-1404. doi: 10.1111/nph.14253.

Kolton M, Harel YM, Pasternak Z, Graber ER, Elad Y, Cytryn E (2011) Impact of Biochar Application to Soil on the Root-Associated Bacterial Community Structure of Fully Developed Greenhouse Pepper Plants. Applied and Environmental Microbiology 77: 4924-4930. doi: 10.1128/aem.00148-11.

Lehmann J, Rillig MC, Thies J, Masiello CA, Hockaday WC, Crowley D (2011) Biochar effects on soil biota - A review. Soil Biology & Biochemistry 43: 1812-1836. doi: 10.1016/j.soilbio.2011.04.022.

Li X-g, Ding C-f, Zhang T-l, Wang X-x (2014) Fungal pathogen accumulation at the expense of plant-beneficial fungi as a consequence of consecutive peanut monoculturing. Soil Biology & Biochemistry 72: 11-18. doi: 10.1016/j.soilbio.2014.01.019.

Li X, Ding C, K H (2014) Soil sickness of peanuts is attributable to modifications in soil microbes induced by peanut root exudates rather than to direct allelopathy. Soil Biology and Biochemistry 78: 149-159.

Lievens B, Brouwer M, Vanachter A, Levesque CA, Cammue BPA, Thomma B (2005) Quantitative assessment of phytopathogenic fungi in various substrates using a DNA macroarray. Environmental Microbiology 7: 1698-1710. doi: 10.1111/j.1462-2920.2005.00816.x.

Liu J, Li X, Jia Z, Zhang T, Wang X (2017a) Effect of benzoic acid on soil microbial communities associated with soilborne peanut diseases. Applied Soil Ecology 110: 34-42. doi: 10.1016/j.apsoil.2016.11.001.

Liu L, Wang Y, Yan X, Li J, Jiao N, Hu S (2017b) Biochar amendments increase the yield advantage of legume-based intercropping systems over monoculture. Agriculture Ecosystems & Environment 237: 16-23. doi: 10.1016/j.agee.2016.12.026.

Masiello CA, Chen Y, Gao X, Liu S, Cheng H-Y, Bennett MR, Rudgers JA, Wagner DS, Zygourakis K, Silberg JJ (2013) Biochar and Microbial Signaling: Production Conditions Determine Effects on Microbial Communication. Environmental Science & Technology 47: 11496-11503. doi: 10.1021/es401458s.

Moebius N, Hertweck C (2009) Fungal phytotoxins as mediators of virulence. Current Opinion in Plant Biology 12: 390-398. doi: 10.1016/j.pbi.2009.06.004.

Okubo A, Sugiyama S-i (2009) Comparison of molecular fingerprinting methods for analysis of soil microbial community structure. Ecological research 24: 1399-1405.

Peng B, Su Y-b, Li H, Han Y, Guo C, Tian Y-m, Peng X-x (2015) Exogenous Alanine and/or Glucose plus Kanamycin Kills Antibiotic-Resistant Bacteria. Cell Metabolism 21: 249-261. doi: 10.1016/j.cmet.2015.01.008.

Prendergast-Miller MT, Duvall M, Sohi SP (2014) Biochar-root interactions are mediated by biochar nutrient content and impacts on soil nutrient availability. European Journal of Soil Science 65: 173-185. doi: 10.1111/ejss.12079.

Reibe K, Ross C-L, Ellmer F (2015) Hydro-/Biochar application to sandy soils: impact on yield components and nutrients of spring wheat in pots. Archives of Agronomy and Soil Science 61: 1055-1060. doi: 10.1080/03650340.2014.977786.

Santhanam R, Luu VT, Weinhold A, Goldberg J, Oh Y, Baldwin IT (2015) Native root-associated bacteria rescue a plant from a sudden-wilt disease that emerged during continuous cropping. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 112: E5013-E5020. doi: 10.1073/pnas.1505765112.

T Weedon J, A Kowalchuk G, Aerts R, van Hal J, van Logtestijn R, Taş N, FM Röling W, M van Bodegom P (2012) Summer warming accelerates sub‐arctic peatland nitrogen cycling without changing enzyme pools or microbial community structure. Global Change Biology 18: 138-150.

Tong H, Hu M, Li FB, Liu CS, Chen MJ (2014) Biochar enhances the microbial and chemical transformation of pentachlorophenol in paddy soil. Soil Biology & Biochemistry 70: 142-150. doi: 10.1016/j.soilbio.2013.12.012.

Wang Z, Li M-y, Peng B, Cheng Z-x, Li H, Peng X-x (2016) GC-MS-Based Metabolome and Metabolite Regulation in Serum-Resistant Streptococcus agalactiae. Journal of Proteome Research 15: 2246-2253. doi: 10.1021/acs.jproteome.6b00215.

Warnock DD, Mummey DL, McBride B, Major J, Lehmann J, Rillig MC (2010) Influences of non-herbaceous biochar on arbuscular mycorrhizal fungal abundances in roots and soils: Results from growth-chamber and field experiments. Applied Soil Ecology 46: 450-456. doi: 10.1016/j.apsoil.2010.09.002.

Woolf D, Lehmann J, Lee DR (2016) Optimal bioenergy power generation for climate change mitigation with or without carbon sequestration. Nature Communications 7. doi: 10.1038/ncomms13160.

Wu H, Wu L, Wang J, Zhu Q, Lin S, Xu J, Zheng C, Chen J, Qin X, Fang C (2016a) Mixed Phenolic Acids Mediated Proliferation of Pathogens Talaromyces helicus and Kosakonia sacchari in Continuously Monocultured Radix pseudostellariae Rhizosphere Soil. Frontiers in Microbiology 7.

Wu H, Wu L, Zhu Q, Wang J, Qin X, Xu J, Kong L, Chen J, Lin S, Khan MU, Amjad H, Lin W (2017a) The role of organic acids on microbial deterioration in the *Radix pseudostellariae* rhizosphere under continuous monoculture regimes. Scientific reports 7.

Wu H, Xu J, Wang J, Qin X, Wu L, Li Z, Lin S, Lin W, Zhu Q, Khan M, Lin W (2017b) Insights into the mechanism of proliferation on the special microbes mediated by phenolic acids in the Radix pseudostellariae rhizosphere under continuous monoculture regimes. Frontiers in Plant Science 8. doi: 10.3389/fpls.2017.00659.

Wu L, Chen J, Wu H, Wang J, Wu Y, Lin S, Khan MU, Zhang Z, Lin W (2016b) Effects of consecutive monoculture of Pseudostellaria heterophylla on soil fungal community as determined by pyrosequencing. Scientific Reports 6. doi: 10.1038/srep26601.

Wu L, Wang J, Huang W, Wu H, Chen J, Yang Y, Zhang Z, Lin W (2015) Plant-microbe rhizosphere interactions mediated by Rehmannia glutinosa root exudates under consecutive monoculture. Scientific reports 5.

Wu L, Wu H, Chen J, Wang J, Lin W (2016c) Microbial community structure and its temporal changes in Rehmannia glutinosa rhizospheric soils monocultured for different years. European Journal of Soil Biology 72: 1-5. doi: 10.1016/j.ejsobi.2015.12.002.

Xie Z, Xu Y, Liu G, Liu Q, Zhu J, Tu C, Amonette JE, Cadisch G, Yong JWH, Hu S (2013) Impact of biochar application on nitrogen nutrition of rice, greenhouse-gas emissions and soil organic carbon dynamics in two paddy soils of China. Plant and Soil 370: 527-540. doi: 10.1007/s11104-013-1636-x.

Yao Q, Liu J, Yu Z, Li Y, Jin J, Liu X, Wang G (2017) Three years of biochar amendment alters soil physiochemical properties and fungal community composition in a black soil of northeast China. Soil Biology & Biochemistry 110: 56-67. doi: 10.1016/j.soilbio.2017.03.005.

Zhang D, Yan M, Niu Y, Liu X, van Zwieten L, Chen D, Bian R, Cheng K, Li L, Joseph S, Zheng J, Zhang X, Zheng J, Crowley D, Filley TR, Pan G (2016) Is current biochar research addressing global soil constraints for sustainable agriculture? Agriculture Ecosystems & Environment 226: 25-32. doi: 10.1016/j.agee.2016.04.010.

Zhang S, Zhu W, Wang B, Tang J, Chen X (2011) Secondary metabolites from the invasive Solidago canadensis L. accumulation in soil and contribution to inhibition of soil pathogen Pythium ultimum. Applied Soil Ecology 48: 280-286. doi: 10.1016/j.apsoil.2011.04.011.

Zhao M, Li M, Liu R (2010) Effects of arbuscular mycorrhizae on microbial population and enzyme activity in replant soil used for watermelon production. International Journal of Engineering, Science and Technology 2.

Zhao Y, Wu L, Chu L, Yang Y, Li Z, Azeem S, Zhang Z, Fang C, Lin W (2015) Interaction of Pseudostellaria heterophylla with Fusarium oxysporum f. sp. heterophylla mediated by its root exudates in a consecutive monoculture system. Scientific reports 5.

Zhou X, Wu F (2011) p-Coumaric acid influenced cucumber rhizosphere soil microbial communities and the growth of Fusarium oxysporum f. sp. cucumerinum Owen. PloS one 7: e48288-e48288.

# 橡胶树野生种质资源抗寒性评价及与生长相关性分析

李小琴，张凤良，杨 湉，赵 祺，毛常丽，吴 裕\*

云南省热带作物科学研究所，云南景洪，666100

**摘 要** 为了解橡胶树速生种质资源的抗寒性及获得抗寒育种的优良材料，以12份橡胶树野生种质资源的一年生休眠枝条为试验材料，通过人工模拟低温胁迫（4℃对照、0℃、-2℃、-4℃）处理后，测定其相对电导率、丙二醛、游离脯氨酸、可溶性蛋白及可溶性糖含量等5个指标，综合评价各无性系的抗寒性，同时分析了生长量与抗寒性的相关性。结果表明，随低温胁迫程度的加剧，各无性系相对电导率表现出不同程度的上升趋势；丙二醛和游离脯氨酸含量呈“升-降”的趋势；多数无性系可溶性蛋白含量呈“升-降”的趋势，部分无性系表现为“降-升-降”；各无性系可溶性糖含量的变化趋势差异较大，但在不同低温处理下同一无性系的可溶性蛋白含量波动并不大。利用隶属函数法对橡胶树种质资源抗寒性进行综合评价得出：3>5>2>8>1>11>7>9>6>4>10>12，其中抗寒性排名前3的无性系2、3和5号，对应的径围生长量均较大；而抗寒性最差的10号和12号，径围生长量均较小。多数生长较快的橡胶树种质资源表现出较强的抗寒性，在进行橡胶树种质资源抗寒性鉴定时径围生长量可以作为一个间接指标。

**关键词**  橡胶树；抗寒性；生理指标；生长量；综合选择

**Evaluation of Cold Resistance of Wild Germplasm Resources of *Hevea brasiliensis* and Correlation Analysis between Cold Resistance and Growth**

LI Xiaoqin, ZHANG Fengliang, YANG Tian, ZHAO Qi, MAO Changli, WU Yu

*Yunnan Institute of Tropical Crops, Jinghong Yunnan* 666100*, China*

**Abstract** In order to understand the cold resistance of rapid growing germplasm resources of *Hevea brasiliensis* and obtain excellent materials for breeding, annual dormancy branches of 12 wild germplasm resources of *H. brasiliensis* were used as experimental materials. The five indexes including the relative electronic conductivity, malondialdehyde, free proline, soluble protein and soluble sugar content were measured after different artificial simulated low temperature stress treatments( 4℃contrast, 0℃, -2℃, -4℃). The cold resistance of each clone was

comprehensively evaluated, and the correlation between growth and cold resistance was also analyzed. The results indicated that with decreasing temperature, the relative electronic conductivity of branches of each clone showed a different degree of upward trend, the content of malondialdehyde and free proline showed an “ascending-descending” trend, the soluble protein content of most clones also showed the same as the free proline, but few clones showed a trend of “descending-ascending-descending”. The variation trend of soluble sugar content in each clone was different, but the soluble protein content of the same clone did not fluctuate greatly at different low temperature treatments. The comprehensive evaluation of the cold resistance of *H. brasiliensis* germplasm resources by the membership function method could be concluded as follows: 3>5>2>8>1>11>7>9>6>4>10>12. Among them, No.3, 5 and 2, which ranked top 3 in cold resistance, corresponding growth of diameter circumference all were large. Meanwhile, the No.10 and 12 with the worst cold resistance were smaller. Most

**基金项目** 云南省应用基础研究计划青年项目（No. 2017FD230）；云南省橡胶产业技术体系（No. 2017KJTX008-01）。

**作者简介** 李小琴(1987—)，女，助理研究员；研究方向：橡胶树遗传育种。E-mail: [512504431@qq.com](mailto:512504431@qq.com)。\*通讯作者（Corresponding author）: 吴 裕(WU Yu)，E-mail: [hhyyw20030105@126.com](mailto:hhyyw20030105@126.com)。

fast-growing of *H. brasiliensis* germplasm resources showed stronger cold resistance, and the amount of diameter circumference growth can be used as an indirect indicator in cold resistance identification of *H. brasiliensis* germplasm.

**Key words** *Hevea brasiliensis*; cold resistance; physiological index; growth; comprehensive selection

巴西橡胶树原产南美亚马逊河流域的热带雨林中，是典型的热带乔木树种。中国植胶区地处热带北缘，属于非传统植胶区，低温是限制该区域橡胶产业发展的主要因素。云南植胶区由于其纬度更偏北，海拔更高，冬季热量不足，在植胶历史上，已经出现过7次比较重的寒害，其中1970年到1976年，就出现了3次，且有两次灾害最重[1-4]。橡胶树的生长（生产）周期长达30年以上，而据以往的数据显示，云南植胶区每间隔10～15年会出现一次寒害，寒害的出现呈现周期性。为此，筛选培育抗寒高产的橡胶树品种成为了云南天然橡胶产业发展的重要任务。

低温能够引起橡胶树细胞结构、原生质胶体特性、水分状况、细胞渗透压、光合作用、呼吸作用、物质代谢和保护酶系统等发生一系列改变，最终影响植株的生长发育及胶乳合成[5]。目前，橡胶树抗寒种质筛选的方法主要有抗寒前哨梯度苗木系比鉴定法、自然低温鉴定法及人工模拟低温鉴定法等，鉴定指标包括形态、生理生化及分子细胞等[6-13]。橡胶树抗寒性鉴定多集中在对品种及优良无性系之间的比较，总结前人的研究结果，可知生长势较好、速生的品种往往抗寒性都不弱，如云研77-2、IAN873、热垦525、热垦628、云研75-1、RRIM524等[14-18]，而就橡胶树生长与抗寒性之间关系的研究未见报道。本研究选择生长量有所差异的12份种质资源进行人工模拟低温寒害处理，测定其生理生化指标，利用隶属函数对抗寒性进行综合评价，结合生长量进行相关性分析，以期为橡胶树大规模种质资源的抗寒性鉴定提供一个新的思路，也为橡胶树抗寒育种选择优良材料。

**1 材料与方法**

**1.1 试验材料**

选取保存于云南省热带作物科学研究所“农业部景洪橡胶树种质资源圃”内的部分橡胶树野生种质资源，2016年采集芽条，以GT1开放授粉实生苗为砧木繁殖成无性系，芽接成活后，于2017年3月锯杆，按株行距1m×1m育苗保留，苗圃地按照常规育苗管理，苗木生长良好。根据苗期生长量，选择其中12份种质资源进行抗寒生理测定，编号为1～12号。

**1.2 方法**

1.2.1 低温处理方法 2018年1月15日，每个无性系随机选取4株长势均匀的植株，剪下从上而下第二蓬叶的枝条，随即放入冷藏取样箱内，带回实验室。依次用自来水和蒸馏水冲洗干净，吸水纸吸干水分，再将每根枝条剪成均匀的3段，同一无性系随机分为4组，每组3段，用塑封袋包好，并做好标记。用可调温冰柜设置4个温度梯度：4℃（对照）、0℃、-2℃和-4℃，将枝条分别放于设置好温度的冰柜进行低温处理，持续12h后，取出放至室温再进行样品制备。

1.2.2 测定方法 相对电导率的测定：将低温处理后的枝条用滤纸吸干水分，避开芽眼，准确裁取1cm×1cm的小方块枝条韧皮部，同一低温处理同一无性系对3段枝条混合取样共裁取6片，每2片放入一个试管中，加入双重蒸馏水20ml，混合均匀，设3次重复，室温放置24h，期间摇匀数次。用SG3-ELK型便携式电导率仪先测出初始电导值（*C1*），再盖上试管塞，沸水浴30min，取出冷却至室温后，再测出终电导值（*C2*）。以相对电导率表示细胞膜透性大小，相对电导率按以下公式进行计算：

相对电导率REC（%）=（*C*1/*C*2）\*100%

生理生化指标测定方法[19]：丙二醛（MDA）含量采用硫代巴比妥酸（TBA）法；游离脯氨酸（Pro）含量采用酸性茚三酮染色法;可溶性蛋白含量采用考马斯亮蓝法；可溶性糖含量采用蒽酮比色法。各指标均采用枝条韧皮部进行测定，使用苏州科铭生物技术有限公司生产的试剂盒进行测定及相关含量计算。

径围测量方法：用软尺于采样前对其一年生苗木1.0m高处的粗度进行测量，每个橡胶树无性系随机测量50株，求其平均值。

1.2.3数据处理采用Excel 2003对数据进行整理作图，用SPSS23.0对数据进行统计分析。抗寒性的综合评价采用模糊数学中的隶属函数方法进行计算，隶属函数值的计算方法如下[20]：

*Z*ij=(*X*ij-*X*imin)/ (*X*imax-*X*imin)

如果某一指标与抗寒性为负相关，用反隶属函数计算器抗寒隶属函数值，计算方法为：*Z*ij=1-(*X*ij-Ximin)/ (*X*imax-*X*imin)

其中，*Z*ij为第i个无性系第j个测定指标的抗寒隶属函数值；*X*ij为第i个无性系第j个指标的测定值；*X*imax和*X*imin分别为全部无性系第j项指标的最大值和最小值。

**2 结果与分析**

**2.1 不同低温胁迫对橡胶树枝条相对电导率的影响**

相对电导率是反映植物组织受冻后细胞原生质膜透性大小的重要指标，以相对电导率表示植物在低温伤害下细胞质膜透性变化是植物抗寒性鉴定常用的方法[21,22]。

经不同低温胁迫后，12个橡胶树无性系枝条的相对电导率变化情况见图1，0℃处理与对照4℃相比，变化最小，增幅最小的为1号和10号，增幅仅1.00%；增幅最大的为4号，增幅为39%。相对电导率0℃均值（39.27%）与4℃（34.02%）相比总体增幅为15%，说明0℃低温对多数橡胶树枝条组织伤害较小，细胞膜透性变化小。在-2℃时，部分无性系相对电导率上升明显，超过50%有3个号，包括4号（61.38%）、12号（57.52%）和10号（53.14%）；而小于40%的有1号、3号和6号，表现出较强的耐低温能力。到-4℃低温时，各无性系与对照（4℃）相比相对电导率出现最高增幅且均已超过50%，总体均值已达68.25%，说明-4℃低温对橡胶树枝条组织已经造成严重伤害。从整个变化趋势可以看出橡胶树枝条对-2℃～-4℃范围的低温极度敏感，多数都表现出对此低温的不耐受性。



图1 不同低温胁迫下相对电导率的变化趋势图

Fig.1 The chart of changing trend of relative electric conductivity under different low temperature stress

* 1. **不同低温胁迫对橡胶树枝条丙二醛含量的影响**

橡胶树各无性系枝条经不同低温胁迫后丙二醛含量的变化如图2，各无性系丙二醛含量均表现为“先升高后降低”的变化趋势。0℃时，与4℃对照相比总体增长较慢，但各无性系间差异较大，增幅在5%～37%之间，MDA含量变幅为9.03～10.58 nmol·g-1FW。所有无性系MDA含量的最大值都出现在-2℃，其中6号MDA含量最高，为12.69 nmol·g-1FW，且增幅也最大，比对照增长64%，而2号值最低，为9.56 nmol·g-1FW。-4℃时，组织受寒害严重，细胞膜脂过氧化程度下降，MDA含量出现不同程度的下降，基本达到同一水平。在整个变化过程中，2号MDA含量最低，总体均值仅9.11 nmol·g-1FW，增幅较小，表明其膜的过氧化程度低，抗寒能力强；而6号和12号含量高，均值分别为10.41 nmol·g-1FW和10.31nmol·g-1FW，其抗寒性较差。



图2 不同低温胁迫对丙二醛含量的影响

Fig.2 The influence of malondialdehyde content under different low temperature stress

**2.3 不同低温胁迫对橡胶树枝条脯氨酸含量的影响**

在逆境条件下，植物体内游离脯氨酸含量显著增加，脯氨酸增加量在一定程度上反映了其抗逆性，抗寒性强往往积累较多的脯氨酸。各无性系脯氨酸含量变化情况见图3，0℃与对照4℃脯氨酸含量差异极小，均值分别为46.65μg·g-1FW和47.66μg·g-1FW，表明0℃是组织所能承受的低温，并未能促使其产生脯氨酸含量增加的生理反应。在-2℃多数无性系出现大幅度上升，总体均值为68.02μg·g-1FW，增幅达43%，除2、5、8及10号外，其余的均达到最大值，脯氨酸含量最大的为3号118.02μg·g-1FW，增幅为109%。-4℃时，2、5、8及10号出现极大值，其余均不同程度的下降，差异较大，脯氨酸含量在40.22～101.01μg·g-1FW间。整个低温处理中，3号脯氨酸含量最高，均值82.49μg·g-1FW，增幅较大，其抗寒性强。



图3 不同低温胁迫对脯氨酸含量的影响

Fig.3 The influence of proline content under different low temperature stress

**2.4 不同低温胁迫对橡胶树枝条可溶性蛋白含量的影响**

多数植物在低温锻炼期间，细胞内可溶性蛋白含量与抗寒性之间表现出明显的正相关[23-25]。由图4可知，橡胶树枝条组织可溶性蛋白含量变化趋势存在较大差异，主要分为2类，一类是“降-升-降”，有2、5、10、6及12号等5个号；另一类是“升-升-降”，有7个号。0℃时，多数无性系可溶性蛋白含量变化较小，总体均值为100.08μg·ml-1，与对照94.06μg·ml-1相比，增幅为13%，其中增幅最大的1号，为65%，可溶性蛋白含量158.85μg·ml-1表明其在受低温胁迫时，组织通过快速升高可溶性蛋白含量来增加抗寒性。到-2℃时，各无性系均达到最大峰值且差异极显著，可溶性蛋白含量在84.00～181.95μg·ml-1之间，总体均值为128.23μg·ml-1，增幅达41%，说明此低温已对组织造成了较大伤害。-4℃时，可溶性蛋白含量一致下降，下降幅度除1号较小外，其余无性系均较大，此时组织受极严重伤害，失去了利用可溶性蛋白含量抵御低温的生理调节能力。1号在整个低温胁迫中可溶性蛋白含量最高，均值为143.69μg·ml-1，增幅最大75%，表现出对低温的极强耐受力，抗寒性最强；同时，4、7和12号，含量都低于60.00μg·ml-1，耐低温能力最弱。



图4 不同低温胁迫对可溶性蛋白含量的影响

Fig.4 The influence of soluble protein content under different low temperature stress

**2.5 不同低温胁迫对橡胶树枝条可溶性糖含量的影响**

可溶性糖是一种重要的渗透调节物质，可溶性糖的积累对植物受冷冻害有保护作用，其含量与抗寒性呈正相关。由图5可看出，不同无性系经低温处理可溶性糖含量变化趋势差异较大，并未呈现一致规律，所有无性系在整个处理期间都在5.00～20.50 mg·g-1FW 范围内。0℃时，除3、7、8和9号外，其余都不同程度的下降；到-2℃时，除9号外，都表现为上升，整体均值最大，为13.65 mg·g-1FW，与4℃对照均值12.94 mg·g-1FW相比，仅增长了5.5%，进一步说明可溶性糖含量在整个低温胁迫过程中含量变化不大；-4℃时，有一半呈下降趋势，而1、2、3、5、6和8号表现为上升，说明这6个无性系组织内通过增加可溶性糖含量来调节抗寒能力的生理响应较晚。整个低温处理过程中，可溶性糖含量最高的是5号和7号，均值为16.59mg·g-1FW和15.35mg·g-1FW，最低的为2号和10号，均值为7.66 mg·g-1FW和8.96mg·g-1FW。



图5 不同低温胁迫对可溶性糖含量的影响

Fig.4 The influence of soluble sugar content under different low temperature stress

**2.6 利用隶属函数对抗寒性进行综合评价**

以相对电导率、丙二醛含量、脯氨酸、可溶性蛋白及可溶性糖含量等5个指标的均值为依据，计算各指标的隶属函数值并进行综合评价结果见表2，测定的12份橡胶树野生种质资源抗寒性由强到弱排序为：3>5>2>8>1>11>7>9>6>4>10>12。

表1 利用隶属函数对不同橡胶树无性系抗寒性进行综合评价结果

Table 1 The comprehensive evaluation result of cold resistance of different H. brasiliensis clones using membership function

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 编号 | 相对电导率 | 丙二醛 | 可溶性蛋白 | 脯氨酸 | 可溶性糖 | 平均值 | 综合排序 | 径围/cm |
| 1 | 0.769 | 0.684 | 1.000 | 0.000 | 0.314 | 0.553 | 5 | 10.6 CD |
| 2 | 0.935 | 1.000 | 0.869 | 0.305 | 0.000 | 0.622 | 3 | 11.9 A |
| 3 | 1.000 | 0.526 | 0.564 | 1.000 | 0.438 | 0.706 | 1 | 11.4 AB |
| 4 | 0.007 | 0.694 | 0.000 | 0.409 | 0.782 | 0.378 | 10 | 11.1 AB |
| 5 | 0.522 | 0.477 | 0.744 | 0.571 | 1.000 | 0.663 | 2 | 11.6 A |
| 6 | 0.942 | 0.000 | 0.359 | 0.390 | 0.204 | 0.379 | 9 | 10.8 BCD |
| 7 | 0.430 | 0.477 | 0.069 | 0.436 | 0.861 | 0.455 | 7 | 8.9 E |
| 8 | 0.696 | 0.714 | 0.466 | 0.593 | 0.516 | 0.597 | 4 | 10.1 D |
| 9 | 0.654 | 0.456 | 0.229 | 0.240 | 0.550 | 0.426 | 8 | 8.9 E |
| 10 | 0.399 | 0.109 | 0.615 | 0.019 | 0.145 | 0.258 | 11 | 9.2 E |
| 11 | 0.418 | 0.486 | 0.303 | 0.693 | 0.809 | 0.542 | 6 | 9.3 E |
| 12 | 0.000 | 0.079 | 0.031 | 0.383 | 0.772 | 0.253 | 12 | 8.6 E |

注：表中大写字母表示多重比较Duncan法0.01水平上差异显著性。

**2.7 橡胶树无性系生长与抗寒指标相关性分析**

按径围多重比较结果（表1）可将12个无性系分成3个等级：生长量最大的有2、3、4和5号；生长量中等的有 1、6和8号 ；生长量一般的有7、9、10、11和12号。同一等级内径围差异不显著，而等级间差异均达极显著水平（*P*<0.01）。由抗寒性排序可知，4号和6号生长量较大，但抗寒性排序相对靠后，按保留和去除4号和6号两种方法，分别对无性系各指标隶属函数值、综合平均值及径围等7个指标进行相关性分析。由表2可知，保留4号和6号时径围仅与隶属函数综合值呈显著正相关；相对电导率与可溶性蛋白、可溶性糖显著相关，多数指标间无显著相关性。而当去除4号和6号时，径围与隶属函数综合值呈极显著正相关，此时相关系数（0.824）明显要比前者（0.643）高很多；且分别与相对电导率、丙二醛和可溶性蛋白等指标隶属函数值呈显著或极显著相关，说明仅少部分（4号和6号）生长较好的种质资源与抗寒性之间的相关性不显著。综上可知，径围生长量可用作橡胶树种质资源抗寒性选择的一个间接指标，但需要指出的是用径围生长量正向选择时存在部分误选，而进行淘汰选择时效果较好。如本研究以径围生长量第1等级为选择对象，则出现4号一个误选；如以第3等级为淘汰对象，则排名最前的一个也仅排到第6名，可以都做淘汰处理。

表2 橡胶树无性系生长与抗寒指标相关性统计表

Tab.2 The statistical table of correlation between growth and cold resistance indexes of Hevea brasiliensis clones

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 相对电导率 | 丙二醛 | 可溶性蛋白 | 脯氨酸 | 可溶性糖 | 综合均值 | 径围 |
| 相对电导率 |  | 0.250 | 0.644\* | 0.160 | -0.614\* | 0.621\* | 0.492 |
| 丙二醛 | 0.789\*\* |  | 0.374 | 0.115 | -0.070 | 0.673\* | 0.509 |
| 可溶性蛋白 | 0.643\* | 0.548 |  | -0.213 | -0.545 | 0.558 | 0.565 |
| 脯氨酸 | 0.208 | 0.120 | -0.246 |  | 0.407 | 0.562\* | 0.256 |
| 可溶性糖 | -0.536 | -0.359 | -0.574 | 0.434 |  | 0.034 | -0.269 |
| 综合均值 | 0.772\*\* | 0.766\*\* | 0.513 | 0.584\* | 0.018 |  | 0.643\* |
| 径围 | 0.742\* | 0.678\* | 0.799\*\* | 0.279 | -0.311 | 0.824\*\* |  |

注：\* 和 \*\* 分别表示α在0.05和0.01水平显著相关；表右上半部分表示12个无性系指标间相关性，表左下半部分表示10个无性系指标间相关性（除去4号和6号）。

**3 结论与讨论**

橡胶树的生长发育经常会受到寒冷胁迫的影响，抗寒性比较强的品种或无性系在长期应对低温等逆境胁迫的过程中形成了功能独特的物质条件[26]。本研究表明，低温胁迫可诱导橡胶树启动抗寒响应机制，在生理上产生了一系列的变化，具体表现为：低温胁迫使橡胶树幼苗枝条内积累了更多的游离脯氨酸、可溶性蛋白、可溶性糖等物质，而这些渗透调节物质的积累可减轻渗透胁迫、防止膜脂和蛋白质的过氧化作用，但同时丙二醛也同步增加，不同无性间各物质的含量变化差异较大，但整体看，这几类物质随不同低温胁迫后均呈现出了“降-升-降”的变化趋势，这与多个树种上的研究结果相一致[27,28]。

植物抗寒性是一个复杂的数量性状，在进行抗寒性鉴定时，生理指标的选择尤为重要，张卫华等[29]研究指出相对电导率、水分状况、游离脯氨酸和可溶性糖含量等指标对相思的抗旱性评价影响力会占到88%以上，尤其相对电导率成为评价其抗旱性的主导因子。本研究以相对电导率来进行选择时，抗寒性强弱综合排名靠前的相对电导率相对较小，排名靠后的相对电导率较大，值得指出的是5号，综合排名为2，但相对电导率处于中等位置，6号综合排名靠后，但相对电导率较小，有待多次验证。冯建灿等[30]指出植物组织内脯氨酸含量的高低可以作为衡量喜树抗寒性强弱的指标，本研究结果，脯氨酸含量较高的几个无性系（3、5、8、11号），抗寒性综合评价都不差，但也有一些号如1和2号，脯氨酸含量较低，但抗寒性综合评价也较强，根据李晓宇等[31] 对杨树苗期抗寒性研究得出脯氨酸含量与抗寒性关系不显著，进一步说明最好不要单一地利用脯氨酸含量这一生理指标对植物抗寒性鉴定。丙二醛（MDA）是膜脂过氧化指标，表示细胞膜过氧化程度和植物对逆境条件反应的强弱，在低温胁迫下，膜的过氧化程度越低，丙二醛含量越低，抗寒性越强[32]。综上，单一指标很难代表植物复杂的抗寒性，使用多指标联合分析，才能较好地反映植物的抗寒生理过程。本研究利用隶属函数法对12个无性系的相对电导率、丙二醛含量、脯氨酸、可溶性蛋白及可溶性糖含量等5个指标进行综合评价，其抗寒性由强到弱的排序依次为：3>5>2>8>1>11>7>9>6>4>10>12。从相关性分析结果来看，选择的抗寒指标间只有相对电导率与丙二醛和可溶性蛋白含量呈显著或极显著相关性，其它大多数指标两两相关性都不强，特别是脯氨酸与其它指标间的相关系数均较小，而综合隶属函数值与大多数指标间相关系数都在0.5以上（可溶性糖除外），且与多数指标达到显著或极显著水平，说明用隶属函数值综合评价橡胶树无性系的抗寒性比单一指标较科学。

前人对林木的生长与抗寒性之间的关系也做了一些研究，刘勇等[33]研究指出三倍体毛白杨速生前期合理施肥，能使苗高、地径生长量变大，高径比恰当，苗木生长好，苗木的抗寒性也得到提高；解荷锋等[34]对美洲黑杨无性系的生长与抗寒性研究表明生长和抗寒性与无性系的起源有密切关系，其生长量与抗寒性呈负相关；何旭东等[35]对细叶桉以及杨秀艳等[36]对杨树无性系的生长和抗寒性进行了联合选择，评选出了大量速生、抗寒的无性系，表明速生性与抗寒性可以同步进行选择。本研究重点分析了橡胶树生长与抗寒性的关系，结果表明，橡胶树无性系抗寒性与径围呈显著正相关，即大多数生长势好的无性系具有较强的抗寒性，少数几个无性系例外（如4号），而生长势较差的几个无性系其抗寒性均很差（如10号和12号）。本研究因从生理生化指标方面综合评价抗寒性，故选择的无性系数量有限，但结合前人在其它树种上做的部分研究结果，可以将橡胶树的生长量与抗寒性相结合进行种质资源批量鉴定，建议以木材利用为主且寒害较重的生态区域选育品种时，进行超速生资源优选的策略；在以胶乳产量为主要选育目标时，先进行生长量淘汰选择，再进一步做精准鉴定。

**参考文献**

[1]何 康, 黄宗道. 热带北缘橡胶树栽培[M] .广州: 广东科技出版社, 1987: 3-4.

[2]敖硕昌, 和丽岗, 肖桂秀. 橡胶树抗寒高产新品种区域性栽培试验初报[J]. 热带农业科技, 2000(2): 1-6.

[3]肖桂秀. 云南省热区1999/2000年冬橡胶树寒(冻)害调研报告[J]. 云南热作科技, 2001, 24 (增刊): 31-34.

[4]王树明, 钱 云, 兰 明, 李 芹. 滇东南植胶区2007/2008年冬春橡胶树寒害初步调查研究[J]. 热带农业科技, 2008, 31(2): 4-8.

[5]王祥军, 李维国, 高新生, 等. 巴西橡胶树响应低温逆境的生理特征及其调控机制[J]. 植物生理学报, 2012, 48(4): 318-324.

[6]胡东琼, 黎耀平, 吴惠兰. 亚马逊野生橡胶种质资源的抗寒性鉴定[J]. 中国种业, 1995(2): 23-25.

[7]校现周, 许闻献, 罗世巧, 等. 巴西橡胶树两个不同抗寒力品系若干生理特性的差异[J]. 热带作物学报, 1998(1): 1-6.

[8]李明谦. 橡胶树新品种云研 77-4、云研 77-2 的抗寒性生理鉴定[J]. 热带农业科技, 2005, 28(2): 4-6.

[9]陈根辉, 黄华孙, 安泽伟. 橡胶树不同品种幼苗抗寒生理指标研究初报[J]. 热带农业科技, 2008, 31(2): 1-3.

[10]胡彦师, 安泽伟, 华玉伟, 等. 橡胶树种质资源大田种质库寒害调查报告[J]. 中国农学通报, 2011, 27(25): 56-59.

[11]邓 治, 李德军. 利用RAPD和ILP技术筛选橡胶树抗寒分子标记[J]. 基因组学与应用生物学, 2014, 33(1): 145-152.

[12]安泽伟, 陈根辉, 程 汉, 等. 橡胶树冷应答转录组cDNA-AFLP分析[J]. 林业科学, 2010, 46(3): 62-67.

[13]高新生, 张晓飞, 黄华孙, 等. 橡胶树品系在广东抗寒前哨点寒害调研初报[J]. 中国农学通报, 2013, 29(25): 1-5.

[14]窦美安, 郭森元, 叶应福. 中规模推广级橡胶抗寒高产品种IAN873的引种利用研究[J]. 热带作物学报, 2002, 23(3):21-26.

[15]刘世红, 田耀华, 魏丽萍, 等. 西双版纳30个橡胶树品种的低温半致死温度及低温对抗氧化系统的影响[J]. 植物生理学报, 2011, 47(5): 505-511.

[16]李维国, 高新生, 张伟算, 等. 橡胶树胶木兼优品种热垦525适应性试种研究[J]. 热带作物学报, 2011, 32(10): 1793-1798.

[17]方家林, 李维国, 黄华孙, 等. 橡胶树热垦628品种区域试验结果[J]. 热带农业科学, 2013, 33(10): 30-34.

[18]高新生, 黄华孙, 张晓飞, 等. 胶木兼优品种热垦628品种比较试验报告[J]. 热带作物学报, 2013, 34(10): 1853-1858.

[19]李合生. 植物生理生化实验原理和技术[Ｍ]. 北京: 高等教育出版社, 2006: 134-136.

[20]刘 华, 王 峰, 李 娜, 等. 隶属函数值法对12个树种抗旱性的综合评价[J]. 农学学报, 2010(10): 39-41.

[21]王 勇, 宋宇琴, 田建保, 等. 核桃枝条电解质渗出率与抗寒性的关系[J]. 江西农业大学学报, 2007, 2(29): 230-233.

[22]李小琴, 彭明俊, 段安安, 等. 低温胁迫对8个核桃无性系抗寒生理指标的影响[J]. 西北林学院学报, 2012, 27(6): 12-15.

[23]孙启忠, 王育青, 候向阳. 柴油花苜蓿越冬性研究概述[J]. 草业科学, 2004, 21(3):21-25.

[24]Guy C L, Hummel R L, Haskell. Induction of freezing tolerance in spinach during cold acclimation [J]. Plant Physiology, 1987, 84:868-871.

[25]Kazuoka T, Oeda K. Heat-stable COR(cold-regulated) proteins associated with freezing tolerance in spinach [J]. Plant Cell Physiology,1992,33(8):1107-1114.

[26]李长慧, 李淑娟, 刘艳霞, 等. 低温胁迫对10份鹅观草属野生种质抗寒生理指标的影响[J]. 草业科学, 2018, 35(1): 123-132.

[27]曹佳乐, 延 娜, 樊军锋, 等. 4个白杨派新无性系抗寒性鉴定和综合评价[J]. 西北林学院学报, 2016, 31(2): 130-134.

[28]藕 丹, 樊军锋, 周永学, 等. 10个白杨派无性系抗寒性的比较与评价[J]. 东北林业大学学报, 2017, 45(1): 16-19.

[29]张卫华, 张方秋, 张守攻, 等. 马占相思抗旱性生理指标的选择研究[J]. 中南林业科技大学学报, 2005, 25(6): 56-59.

[30]冯建灿, 张玉洁, 杨天柱. 低温胁迫对喜树幼苗SOD活性、MDA和脯氨酸含量的影响[J]. 林业科学研究, 2002, 15(2): 197-202.

[31]李晓宇, 杨成超, 彭建东, 等. 杨树苗期抗寒性综合评价体系的构建[J]. 林业科学, 2014, 50(7): 44-51.

[32]陈新华. 甜樱桃不同品种抗寒性评价[D]. 河北农业大学, 2009:10.

[33]刘 勇, 陈 艳, 张志毅, 等. 不同施肥处理对三倍体毛白杨苗木生长及抗寒性的影响[J]. 北京林业大学学报, 2000, 22(1): 38-44.

[34]解荷锋, 徐 红. 美洲黑杨无性系的生长与抗寒性[J]. 山东林业科技, 1995(3): 9-12.

[35]何旭东, 李发根, 翁启杰, 等. 尾叶桉×细叶桉杂种生长与耐寒性的联合选择[J]. 中南林业科技大学学报, 2010, 30(8): 68-71.

[36]杨秀艳, 张建国. 杨树新无性系生长及抗寒性的比较[J]. 河北林业科技, 2003(6): 7-9.

# 黑果腺肋花楸挥发油及总黄酮分析研究

李国明1 张丽萍1 易平2 李守岭1 刘小琼1

(1云南省德宏热带农业科学研究所，云南瑞丽 678600;

2贵州省中国科学院天然产物化学重点实验室,贵州贵阳 550014)

**摘 要** 研究了黑果腺肋花楸中的总黄酮和挥发油的化学成分。采用超声波法提取黑果腺肋花楸果实中的挥发油，以GC-MS法对挥发油的化学成分进行分析鉴定。采用超声波法提取黑果腺肋花楸果实中的总黄酮，以芦丁为标准品，用紫外可见分光光度法进行总黄酮含量的分析测定。结果显示，黑果腺肋花楸挥发油经GC-MS分析，共鉴定出了36个挥发性化学成分，占挥发油色谱总峰面积的84.14 ％。芦丁标准品在0.020 mg/mL~0.100 mg/mL浓度范围内呈现良好线性关系(R2=0.9997)，总黄酮类化合物的平均含量为0.233 ％ ，标准偏差(STDEV)为0.01291，相对标准偏差(RSD)为5.53 ％。

**关键词** 黑果腺肋花楸；挥发油；总黄酮；含量分析；结构鉴定

**Analysis of volatile oil and total flavonoids in *Aronia melanocarpa Elliott***

LI Guoming1 ZHANG Liping1  YI Ping2  LI Shouling 1 LIU Xiaoqiong1

(1 Institute for Tropical Agriculture Scientific Research of De Hong, Yunnan Province, Ruili 678600；

2 Key Laboratory of Chemistry for Natural Products of Guizhou Province and Chinese Academy of Sciences，Gui Zhou Province,Guiyang 550014 )

**Abstract** The chemical constituents of total flavonoids and volatile oil from *Aronia melanocarpa Elliott*

were studied.The volatile oil from fruits of *Aronia melanocarpa Elliott were* extracted by the method of Ultrasonic wave,the chemical constituents of volatile oil were analysised and identified by GC-MS.The total flavonoids from fruits of *Aronia melanocarpa Elliott were* extracted by the method of Ultrasonic wave,the contents of total flavonoids were analysised and determined by UV Vis spectrophotometry with rutin as the standard sample.The result showed that 36 volatile compounds of the volatile oil from *Aronia melanocarpa Elliott* were analysised and identified by GC-MS,which accounts for 84.14% of the total peak area of volatile oil .Rutin standard showed a good linear relationship in the concentration range of 0.020 mg/mL~0.100 mg/mL (R2=0.9997),the average content of total flavonoids was 0.233 %,the standard deviation (STDEV) is 0.01291 and the relative standard deviation (RSD) is 5.53% .

基金项目：云南省现代农业天然橡胶产业技术体系建设项目（No.2017KJTX008-04）.

第一作者：李国明（1986-），男，学士，助理研究员；研究方向：农产品农药残留检测及植物成分分析；E-mail:liguoming654200@163.com.

通讯作者：易平（1977-），男，博士，研究员；研究方向：天然药物化学研究；E-mail:1158968478@qq.com.

黑果腺肋花楸（学名：*Aronia melanocarpa Elliott*）是蔷薇科，腺肋花楸属[灌木](https://baike.baidu.com/item/%E7%81%8C%E6%9C%A8/1520017)，集食用、药用、园林和生态等价值于一身的珍贵树种[1]。原产于北美东北部，波罗的海沿岸至太平洋沿岸均有分布[2]。

黑果腺肋花楸果实中富含大量营养物质和生物活性成分[3],如膳食纤维、碳水化合物、蛋白质、多酚、有机酸、维生素、矿物质、原花青素、花青素、黄酮醇和胡萝卜素等[4]。具有抗氧化[5]、抗炎[6]、抗肿瘤[7]、抗病毒[8]、防治心血管疾病、降血糖、抗血小板等多种作用[9],可用于保肝、平衡血糖、养心、预防和治疗糖尿病[10]、预防和治疗癌症、治疗消化系统和心血管系统疾病等[11]。

黑果腺肋花楸果实含有丰富的原花青素、类黄酮等多酚类抗氧化成分[12],是世界上公认的清除体内自由基最有效的天然抗氧化剂之一[13]。现阶段对黑果腺肋花楸生物活性化学成分的研究主要集中在对其多糖、花色苷、多酚类物质、花青素等几类化合物的提取分离工艺及抗氧化等生物活性方面。魏登等[14]采用微波辅助法从黑果花楸多糖抗衰老口服液中提取多糖，对多糖的最佳提取工艺进行了研究；朱凤妹等[15]采用超声辅助提取法，研究了提取温度、液料比和提取时间对花色苷提取率的影响,并利用响应面法对黑果腺肋花楸花色苷的提取条件进行优化；位路路等[16]采用响应面法优化了超声波辅助提取黑果腺肋花楸花色苷的条件,测定花色苷的抗氧化能力,通过高效液相色谱-质谱联用法鉴定了黑果腺肋花楸花色苷提取物的组成成分；高凝轩等[17]以超声波辅助提取黑果腺肋花楸多酚,用响应面法优化了多酚提取工艺条件;通过对DPPH、ABTS及超氧阴离子自由基清除率的测定,证明黑果腺肋花楸多酚类物质具有较好的抗氧化活性；贾秀娟等[18]利用紫外分光光度法测定了榨汁前后黑果花楸果实中花青素含量的分布，并利用清除DPPH自由基的方法测定不同部位的抗氧化活性。

查阅相关文献，发现对于黑果腺肋花楸挥发油的提取分离及其挥发性化合物分析鉴定方面的研究鲜有报道。为了更好地了解黑果腺肋花楸挥发油中所含的化合物种类及其含量，实现对其药用价值的有效开发，本研究采用超声波清洗仪，以正己烷对黑果腺肋花楸挥发油进行超声提取，并通过气相色谱—质谱联用仪对挥发性化合物进行了分离分析、结构鉴定和含量测定，为进一步开发利用黑果腺肋花楸挥发油的药用价值提供科学依据。

**1 材料与方法**

**1.1材料**

黑果腺肋花楸果实，由瑞丽市林业局提供，经贵州省中国科学院天然产物化学重点实验室易平博士鉴定。

仪器与试剂：Trace ISQ气相色谱—质谱联用仪（美国Thermo Fisher公司）；色谱柱：TG-1701MS毛细管色谱柱（30 m×0.25 mm×0.25 μm）；ML4002E电子天平（梅特勒托利多仪器上海有限公司）；真空旋转蒸发仪；UV-8000ST紫外/可见相关光度计（上海元析仪器有限公司；超声波清洗仪；恒温水浴锅；中药材粉碎机；GZX-9140MBE电热鼓风干燥箱。

硝酸铝:Al(NO3)3； 硝酸铝溶液（100g/L）；醋酸钾溶液（98 g/L）；芦丁标准品（CAS号：153-18-4）；无水乙醇；石英砂； 脱脂棉；正己烷（色谱纯）。

**1.2方法**

1.2.1黑果腺肋花楸果实样品制备

在电热鼓风干燥箱中于60 ℃恒温下，将黑果腺肋花楸果实烘干至恒重，经中药材粉碎机粉碎后过40目样品筛，留存待测。

1.2.2黑果腺肋花楸果实挥发油提取

准确称取5.00 g黑果腺肋花楸果实粉末于150 mL具塞锥形瓶中，加入50 mL正己烷，在设定温度为28℃，功率为40 KHz，功率比为95 ％的条件下超声提取1 h。将提取液过滤后，将滤液经真空旋转蒸发仪浓缩除去溶剂，所得的淡黄色澄清液体即为黑果腺肋花楸果实挥发油，带有淡淡的香味。采用2.0 mL色谱纯正己烷溶解，转移至10 mL容量瓶，定容至刻度，摇匀静置后，密封保存待测。

1.2.3黑果腺肋花楸果实挥发油供测试溶液的配制

以移液器准确移取0.5 mL黑果腺肋花楸果实挥发油于5.0 mL容量瓶中，加色谱纯正己烷定容至刻度，经旋涡混合器充分混匀静置后，吸取1.0 mL待测液至进样瓶中，待进样测试。

1.2.4气相色谱—质谱联用仪(GC-MS)分析条件

气相色谱条件： TG-1701MS毛细管色谱柱（30m×0.25mm×0.25μm），程序升温（初始温度为70 ℃保持2.0 min，以10.0 ℃．min－１的升温速率升至250 ℃保持35.0 min），载气为高纯He，恒流模式，柱流量为1.0 mL．min－１，平均线速度为37 cm．s-1，进样量1.0 μL，进样口温度250 ℃，分流比100：1。

质谱条件：EI电离模式，电子倍增管电压1917.0 V，电子能量70.0 eV，离子传输管温度250 ℃，离子源温度250 ℃，扫描质量范围m∕z为30-550 amu。

1.2.5成分分析

按上述气相色谱-质谱联用仪分析条件，对制备好的黑果腺肋花楸果实挥发油待测溶液通过气相色谱

仪的自动进样器进样测试，得到黑果腺肋花楸果实挥发油总离子流图。总离子流图中各色谱峰经质谱扫描后得到的挥发性化学成分色谱图由质谱工作站Xcalibur 3.0结合NIST08标准质谱图数据库对比进行检索，并对图谱进行综合分析。

1.2.6黑果腺肋花楸果实总黄酮提取

准确称取黑果腺肋花楸果实样品1.000 g于150 mL具塞锥形瓶中，加入30.0 mL无水乙醇，充分摇匀后，置于超声波清洗仪中超生浸提1 h，浸提过程中每20.0 min摇匀溶液一次。提取完成后，将浸提液过滤至50 mL容量瓶中，以无水乙醇冲洗锥形瓶、漏斗及滤纸，合并滤液，冷却至室温，无水乙醇定容至刻度，摇匀静置，待测。

1.2.7标准曲线绘制

精密吸取芦丁标准品工作液1.0 mL、2.0 mL、3.0 mL、4.0 mL、5.0 mL，分别置于50 mL容量瓶中，加无水乙醇至总体积为15.0 mL，依次加入硝酸铝溶液1 mL，醋酸钾溶液1 mL，加水定容至刻度，摇匀静置1 h，采用紫外/可见相关光度计于420 nm处，以30 ％乙醇溶液为空白对照，测定吸光度值，以50 mL标液中芦丁质量为横坐标，吸光度值为纵坐标，绘制吸光度值-芦丁质量标准曲线。

1.2.8黑果腺肋花楸果实总黄酮含量测定

精密吸取黑果腺肋花楸果实总黄酮提取待测液1.0 mL置于50 mL容量瓶中，加无水乙醇至总体积为15.0 mL，依次加入硝酸铝溶液1.0 mL，醋酸钾溶液1.0 mL，加水定容至刻度，摇匀静置1 h，采用紫外/可见相关光度计于420 nm处，以不加样品的空白试液为参比，测定待测液的吸光度值。

通过查标准曲线和线性回归方程计算，按如下公式：求得黑果腺肋花楸果实待测液中总黄酮类化合物的含量（％），计算结果保留到小数点后两位。

X=％

式中：X—黄酮化合物的总含量（单位：％）；

m—由标准曲线或线性回归方程求出的样品比色液中芦丁质量（单位：mg）；

W—样品质量（单位：g）；

d—稀释比率。

**2 结果与分析**

**2.1黑果腺肋花楸果实挥发油结果分析**

利用气相色谱-质谱联用仪（GC-MS）对黑果腺肋花楸果实挥发油的化学成分进行分析鉴定，得到的挥发油总离子流图如图1。通过Xcalibur3.0质谱工作站结合NIST08标准质谱图数据库进行对比分析，共鉴定出36种主要的挥发性化学成分，占挥发油总成分的84.14﹪。各挥发性化学成分的出峰时间及质量分数见表1。



图1黑果腺肋花楸挥发油GC/MS分析总离子流图

Fig.1 Total ion current chromatogram of volatile oils from the Aronia melanocarpa Elliott .

表1 黑果腺肋花楸挥发油化学成分GC-MS分析结果

Table 1 Determination result of volatile oils from the Aronia melanocarpa Elliott by GC-MS.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 保留时间/min | 化合物名称 | CAS号 | 分子式 | 分子量 | 质量分数/％ |
| 1 | 3.08 | γ-戊内酯 | 108-29-2 | C5H8O2 | 100.12 | 0.42 |
| 2 | 3.13 | （E）-2-己烯-1-醇 | 928-95-0 | C6H12O | 100.16 | 0.46 |
| 3 | 12.4 | 羟基乙醛 | 141-46-8 | C2H4O2 | 60.05 | 0.29 |
| 4 | 15.68 | 顺-9-十四碳烯醇 | 35153-15-2 | C14H28O | 212.37 | 0.58 |
| 5 | 16.87 | 十八碳烷酸 | 57-11-4 | C18H36O2 | 284.48 | 0.33 |
| 6 | 17 | 正十五烷 | 629-62-9 | C15H32 | 212.41 | 0.37 |
| 7 | 17.08 | 正二十烷 | 112-95-8 | C20H42 | 282.55 | 0.52 |
| 8 | 20.23 | 十五烷酸 | 1002-84-2 | C15H30O2 | 242.40 | 2.23 |
| 9 | 22.28 | 油酸甲酯 | 112-62-9 | C19H36O2 | 296.49 | 2.61 |
| 10 | 22.34 | 蓖麻油酸 | 141-22-0 | C18H34O3 | 298.46 | 3.69 |
| 11 | 22.44 | 辛酸乙酯 | 106-32-1 | C10H20O2 | 172.26 | 0.81 |
| 12 | 22.79 | 棕榈酸异丙酯 | 142-91-8 | C19H38O2 | 298.50 | 0.46 |
| 13 | 24.53 | 4-甲基辛酸 | 54947-74-9 | C9H18O2 | 158.24 | 0.46 |
| 14 | 25.57 | 十八碳酸甲酯 | 112-61-8 | C19H38O2 | 298.50 | 0.43 |
| 15 | 25.97 | 肉豆蔻酸 | 544-63-8 | C14H28O2 | 228.37 | 0.55 |
| 16 | 27.28 | 正二十六烷 | 630-01-3 | C26H54 | 366.71 | 0.69 |
| 17 | 27.64 | 10-十一烯酸 | 112-38-9 | C11H20O2 | 184.28 | 0.40 |
| 序号 | 保留时间/min | 化合物名称 | CAS号 | 分子式 | 分子量 | 质量分数/％ |
| 18 | 27.81 | 2-烯丙基-6-甲基苯酚 | 3354-58-3 | C10H20 | 148.20 | 0.47 |
| 19 | 28.95 | 正二十八烷 | 630-02-4 | C28H58 | 394.76 | 0.82 |
| 20 | 29.1 | 十三醇 | 112-70-9 | C13H28O | 200.36 | 0.46 |
| 21 | 30.43 | （Z）-9-十六碳烯-1-醇 | 10378-01-5 | C16H32O | 240.42 | 2.25 |
| 22 | 31.07 | 正二十四烷 | 646-31-1 | C24H50 | 338.65 | 43.84 |
| 23 | 33.46 | 十七酸甲酯 | 1731-92-6 | C18H36O2 | 284.48 | 0.59 |
| 24 | 33.66 | 2-壬酮 | 821-55-6 | C9H18O | 142.24 | 1.94 |
| 25 | 34.3 | 对伞花烃 | 99-87-6 | C10H14 | 134.22 | 0.44 |
| 26 | 35.26 | 对醛基苯甲酸 | 619-66-9 | C8H6O3 | 150.13 | 0.44 |
| 27 | 35.54 | 十一醛 | 112-44-7 | C11H22O | 170.30 | 1.06 |
| 28 | 37.06 | 正二十一烷 | 629-94-7 | C21H44 | 296.57 | 5.59 |
| 29 | 37.91 | 山梨酸 | 110-44-1 | C6H8O2 | 112.13 | 0.43 |
| 30 | 39.25 | 豆蔻酸酯 | 3234-85-3 | C28H56O2 | 424.74 | 0.46 |
| 31 | 41.18 | 十八醇 | 112-92-5 | C18H38O | 270.49 | 7.39 |
| 32 | 43.24 | （Z）-11-十六碳烯-1-醇 | 56683-54-6 | C16H32O | 240.42 | 0.48 |
| 33 | 43.27 | 1-十九碳烯 | 18435-45-5 | C19H38 | 266.51 | 0.41 |
| 34 | 43.34 | 十二烷二酸二甲酯 | 1731-79-9 | C14H26O4 | 258.35 | 0.51 |
| 35 | 47.18 | 乙酸丁香酚酯 | 93-28-7 | C12H14O3 | 206.24 | 0.43 |
| 36 | 47.21 | 乙酰基异丁香酚 | 93-29-8 | C12H14O3 | 206.24 | 0.83 |

由表1可知，通过气相色谱-质谱联用仪（GC-MS）从黑果腺肋花楸果实挥发油中分析鉴定出36种挥发性化学成分，占挥发油色谱总峰面积的84.14 ％。其中,质量分数在1 ％以上的化合物共有9种，分别是：十五烷酸(2.23％)，油酸甲酯(2.61％)，蓖麻油酸(3.69 ％)，（Z）-9-十六碳烯-1-醇(2.25 ％)，正二十四烷(43.84 ％)，2-壬酮(1.94 ％)，十一醛(1.06 ％)，正二十一烷(5.59 ％)，十八醇(7.39 ％)，占挥发油色谱总峰面积的70.60 ％。

分析鉴定出的36种挥发性化学成分按化合物类型分类，分属于以下12类：酯类8种(6.29 ％)，烯醇类4种(3.77 ％)，醛类2种(1.35 ％)，羧酸类7种(8.09 ％)，烷烃类6种(51.83 ％)，芳香酚类1种(0.47 ％)，醇类2种(7.85 ％)，酮类1种(1.94 ％)，芳香烃类1种(0.44 ％)，芳香酸类1种(0.44 ％)，芳香酯类2种(1.26 ％)，烯烃类1种(0.41 ％)。

**2.2黑果腺肋花楸果实挥发油结果分析**

2.2.1标准曲线绘制实验结果

不同浓度芦丁标准品溶液测定的吸光度值如表2所示。以50 mL标液中芦丁质量为横坐标，吸光度值为纵坐标，绘制吸光度-芦丁质量标准曲线如图2所示。由图可知，吸光度与芦丁质量具有较好的线性关系，线性回归方程为：y=0.6288x＋0.0314,相关系数R2=0.9997。

表2不同浓度芦丁标准品溶液的吸光度值

Table 2 Absorbance of different concentrations of rutin standard solution

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 标样编号 | ρ标mg/mL | m标/mg | Abs |
| Standard-1 | 0.000 | 0.0 | 0.0000 |
| Standard-2 | 0.020 | 1.0 | 0.6924 |
| Standard-3 | 0.040 | 2.0 | 1.2969 |
| Standard-4 | 0.060 | 3.0 | 1.9259 |
| Standard-5 | 0.080 | 4.0 | 2.5356 |
| Standard-6 | 0.100 | 5.0 | 3.1700 |

图2吸光度—芦丁质量标准曲线

Fig.2 standard curve of the Absorbance and the mass of Rutin

2.2.2黑果腺肋花楸果实总黄酮含量测定结果分析

采用紫外/可见相关光度计于420 nm处，以不加样品的空白试液为参比，平行测定了6份黑果腺肋花楸果实总黄酮提取待测液的吸光度值，通过标准曲线和线性回归方程计算得到黑果腺肋花楸果实中总黄酮类化合物的含量（％）如表3所示。

表3黑果腺肋花楸总黄酮类化合物的含量（n=6）

Table 3 Content of total flavonoids in Aronia melanocarpa Elliott （n=6）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 样品编号 | 吸光度/Abs | ρ(mg/mL) | m(mg) | w(g) | X/℅ | X/℅ | STDEV | RSD/％ |
| hgxlhq01 | 0.0289 | 0.0010 | 0.05 | 1.0001 | 0.250 | 0.233 | 0.01291 | 5.53 |
| hgxlhq02 | 0.0286 | 0.0009 | 0.045 | 1.0001 | 0.225 |
| hgxlhq03 | 0.0287 | 0.0009 | 0.045 | 1.0002 | 0.225 |
| hgxlhq04 | 0.0288 | 0.0010 | 0.050 | 1.0001 | 0.250 |
| hgxlhq05 | 0.0286 | 0.0009 | 0.045 | 1.0002 | 0.225 |
| hgxlhq06 | 0.0287 | 0.0009 | 0.045 | 1.0001 | 0.225 |

由表3可知，6份黑果腺肋花楸果实中总黄酮类化合物的平均含量为0.233 ％ ，标准偏差STDEV为0.01291，相对标准偏差RSD为5.53 ％，实验结果满足精密度的要求。显色反应时，黑果腺肋花楸待测液的颜色较淡，表明总黄酮含量较低，分析测定结果也证实了这一点。

**3 结论与讨论**

本研究主要采用有机溶剂正己烷为提取剂，通过超声波清洗仪在适宜的温度及超声功率下，控制超声功率比来充分提取黑果腺肋花楸果实中的挥发油。正己烷作为一种非极性溶剂，在提取挥发油的过程中，对挥发油中各化合物的性质影响较小，可以较好的呈现挥发油中各化合物的真实存在状态。

通过调研文献可知，对黑果腺肋花楸挥发油化学成分的分析研究鲜有报道，具体化合物的分析鉴定缺少相应的参考文献。本研究通过GC-MS的NIST谱库搜索功能对挥发油中的化学成分进行对比分析鉴定，采用峰面积归一化法计算各挥发性化学成分的质量分数，分析鉴定出了36种相对含量较高的挥发性化学成分，这些化学成分按化合物类型分类，分属于以下12类：酯类8种(6.29 ％)，烯醇类4种(3.77 ％)，醛类2种(1.35 ％)，羧酸类7种(8.09 ％)，烷烃类6种(51.83 ％)，芳香酚类1种(0.47 ％)，醇类2种(7.85 ％)，酮类1种(1.94 ％)，芳香烃类1种(0.44 ％)，芳香酸类1种(0.44 ％)，芳香酯类2种(1.26 ％)，烯烃类1种(0.41 ％)。其中以烷烃类、酯类、羧酸类、醇类几类化合物为主，使得黑果腺肋花楸挥发油呈现出令人愉悦特殊的芳香气味。

实验分析测定得到黑果腺肋花楸果实中总黄酮类化合物的平均含量为0.233 ％，相对含量较低，显色反应后待测液几乎看不出黄酮类化合物特有的黄色，显色反应的时间，提取分离的温度及时间都可能会对实验结果产生影响。

**参考文献**

[1]王鹏，姜镇荣，张平，等.黑果腺肋花楸果实的经济价值及其开发前景[J].农产品加工，2009,133(09):55-57.

[2]韦庆翠，陈立冬，刘玉婷，等.黑果腺肋花楸化学功效及产业开发的研究进展[J].林业科技通讯，2018,21(05):64-69.

[3]于雪，胡文忠，姜爱丽，等.黑果腺肋花楸营养物质与功效的研究进展[J].食品工业科技，2016,37(10):396-400.

[4]王柳，许一鸣，牟贺，等.黑果腺肋花楸功效及药用食用研究进展[J].现代食品，2018,4(07):53-56.

[5]陈妍竹，胡文忠，姜爱丽，等.黑果腺肋花楸功能作用及食品加工研究进展[J].食品工业科技，2016,37(09):397-400.

[6]刘珈铭，刘欣.黑果腺肋花楸果的功能与应用价值[J].食品安全导刊，2018,29(18):130.

[7]玄永浩，金英善.黑果腺肋花楸化学成分及药理活性研究进展[J].现代农业科技，2009,34(20):101-104.

[8]苗妙，刘宇璇，胡苗苗，等.黑果腺肋花楸多酚的抑菌活性研究[J].现代食品科技， 2017,33(12):56-60.

[9]刘佳，王莹，陈晰晰，等.黑果腺肋花楸总黄酮提取工艺优化及抗氧化活性研究[J].青岛农业大学学报（自然科学版），2017,34(04):267-272.

[10]孙智谋，张佳霖，周旭.黑果腺肋花楸多酚类物质抗氧化功效的研究进展[J].食品工业科技，2017,39(09):396-400.

[11]朱月，李奋梅，王艳丽，等.黑果腺肋花楸原花青素的提取及抑菌性研究[J].食品工业科技，2017,36(05):302-306.

[12]孙智谋，周旭，张佳霖.黑果腺肋花楸花青素抗氧化功能的研究进展[J].食品研究与开发，2017,36(11):220-224.

[13]刘静，徐莉莉.黑果腺肋花楸黄酮提取工艺优化及体外抗氧化研究[J].食品研究与开发，2017,28(03):60-65.

[14]魏登，王柳，许一鸣，等.黑果花楸多糖抗衰老口服液提取工艺研究[J].中国食品添加剂，2018,174(08):174-179.

[15]朱凤妹，李佳璇，张海娟，等.黑果腺肋花楸中花色苷超声辅助提取工艺优化研究[J].食品安全质量检测学报，2018,9(11):2780-2786.

[16]位路路，林杨，王月华，等.黑果腺肋花楸花色苷提取工艺优化及其抗氧化活性和组成鉴定[J].食品科学，2018,39(12):239-246.

[17]高凝轩，李斌，刘辉，等.基于RSM法优化黑果腺肋花楸多酚提取工艺及抗氧化活性研究[J].食品工业科技，2016,37(19):249-254.

[18]贾秀娟，魏晓瑶，赵艳敏，等.黑果花楸果实中花青素含量分布及抗氧化活性[J].食品研究与开发，2017,33(08):33-37.

# 套种圆叶决明对茶园生境及茶树生长的影响

詹 杰，李振武，邓素芳，应朝阳﹡

(福建省农业科学院农业生态研究所／福建省山地草业工程技术研究中心，福建福州350013）

**摘 要** 针对福建丘陵山地茶园普遍面临的土壤退化，季节性干旱严重、生态组分简单、生态环境恶化等生态问题，结合目前茶园管理模式，以常规清耕茶园（定期锄草）为对照，研究行间套种豆科绿肥闽引2号圆叶决明(*Chamaecrista rotundifolia ‘*minyin2*’*)对茶园温湿度、土壤理化性状﹑茶树生长等的影响。结果表明：与清耕茶园相比，套种圆叶决明显著(*P*<0.05)提高茶园土壤有机质、速效氮、速效磷含量，其中土壤速效氮含量增加57.78mg/kg。在夏季高温干旱时期，与清耕茶园相比，套种圆叶决明茶园土壤含水量显著提高了（0～20 cm土层）21.84%(*P*<0.05)，空气温度日变化幅度降低5.1℃，空气湿度日均值显著提高3.9%；同时显著提高夏茶氨基酸及茶水浸出物含量(*P*<0.05)。结果表明，茶园套种圆叶决明能有效改善茶园土壤质量及光﹑温﹑湿等小气候条件，是一种适宜山地茶园推广利用的优良绿肥。

**关键词** 茶园；圆叶决明；套种；武夷岩茶；品质和产量；绿肥

## The Effect of Inter-planting *Chamaecrista rotundifolia* on tea garden habitat and growth of tea trees

ZHAN Jie, LI Zhenwu, DENG Sufang, YING Zhaoyang﹡

(Agricultural Ecology Institute, Fujian Academy of Agricultural Sciences/Fujian Engineering and Technology Research Center for Hilly Prataculture, Fuzhou, Fujian Province 350013, China)

**Abstract** In view of the widespread soil degradation, severe seasonal drought, simple ecological composition, and deterioration of the ecological environment in tea gardens in the hilly and mountainous areas of Fujian Province, combined with the current management model of tea gardens, the conventional cultivated tea gardens(regular weeding) are used as a comparison. To study the effects of *Chamaecrista rotundifolia* 'minyin 2' on temperature and humidity, soil physical and chemical properties, and growth of tea trees. The results show that: Compared with clearing tillage Tea Garden, the planting of round leaves is clear and significant(*P*<0.05) Increase the content of organic matter, rapid nitrogen, and quick-impact phosphorus in the soil of the tea garden, among which the soil's quick-impact nitrogen content increased by 57.78 mg/kg. During the high temperature and drought period in summer, compared with the learing tillage Tea Garden, the soil water content of the round leaves of the tea garden was significantly increased(0-20 cm soil layer) 21.84 %(*P*<0.05) The change of air temperature per day was reduced by 5.1°C, and the daily mean of air humidity was significantly increased by 3.9 %;At the same time, he content of amino acids and tea leachate in summer tea was significantly increased(*P*<0.05). The results show that the tea garden planting round leaves can effectively improve the soil quality of tea garden and the light, temperature, humidity and other small climate conditions. It is an excellent green fertilizer suitable for the promotion and utilization of mountain tea gardens.

**Key words** Tea garden；[*Chamaecrista rotundifolia*；Intercropping](http://wanfang.fjinfo.org.cn/S/paper.aspx?f=detail&n=10&q=%e5%85%b3%e9%94%ae%e8%af%8d+:+)；Wuyi Rock Tea；Tea quality and yield；[Green Manure](http://192.168.1.20/kcms/detail/search.aspx?dbcode=CDFD&sfield=kw&skey=Green+Manure)

**Corresponding author：**YING Zhaoyang E-mail：eagleying@2lcn.com

茶园是福建省丘陵山地的主要土地利用类型之一，随着茶叶经济效益的提升，茶叶种植面积不断扩大，已逐渐成为农村经济的支柱产业，但大部分传统茶园开发以清耕种植为主，由于茶园土壤缺乏地表覆盖，导致茶园土壤侵蚀严重，土壤肥力下降，加之茶园中肥料和农药的不合理施用，茶园生态环境日渐恶劣，严重制约茶产业的发展[1-2]。

圆叶决明(*Chamaecrista rotundifolia*)，作为适宜在热带亚热带种植的豆科决明属绿肥牧草兼用型作物，具有耐酸、耐瘠、抗逆性强等特点[3]。福建省农科院生态所通过从国内外广泛征集引进热带豆科决明属品系，经比较试验、区域试验和生产试验，从中筛选出圆叶决明新品种闽引2号圆叶决明(*C.rotundifolia*‘minyin 2’)，其具有高产、抗旱、前期生长速度快、匍匐生长等特点[4-5]，用于土壤改良与生态恢复的效果尤为突出，能有效降低红壤山地的土壤容重，提高土壤肥力，还可减少径流次数和径流量，防控水土流失，同时在果园中得以较大面积推广利用[6-10]。但由于受“草与茶树争水争肥”理论的影响，在茶园建设方面仍然清耕模式为主[11]，茶园生草栽培及其相关生态效应的深入研究仍较为缺乏，特别该区的水热资源分布不均，季节性干旱严重，给茶叶生产带来了巨大的影响。据统计闽北地区各乡镇出现高温干旱灾害的年份达到80% 以上，最高温度能达到 38 ~ 42℃，地面最高温度超过 60℃，致使闽北茶区，特别是新垦茶园的茶苗死亡，茶叶品质下降，造成巨大损失[12-14]。为寻求闽北山区茶园生态栽培模式，特别是针对该区季节性高温干旱问题，本研究开展套种圆叶决明对茶园小气候变化﹑茶树生长等的影响进行研究，旨在为圆叶决明在茶园的推广和探索生态茶园的建设利用提供科学依据，为同类型（类似区域）开发与保护奠定基础。

**1材料与方法**

**1.1研究地概况**

试验地位于福建省建阳市莒口镇后山村，北纬 27°36′39.9′′，东经 117°94′54.7′′，海拔150 m， 年平均气温18.1 ℃，年平均日照时数2000 h，多年平均降雨量1800 mm，无霜期280 d。试验地土壤pH5.26，有机质13.3 g·kg -1，全氮1.26 g·kg -1，全钾14.53 g·kg-1 ，速效磷3.33 mg·kg-1 ，有效钾71.34 mg·kg-1 。该试验茶园为传统武夷岩茶主产地，茶树品种为金观音（*Camellia sinensis(*L.)O. Kuntze *cv.Mingke 1*)，树龄为18年。

**1.2 供试材料及试验设计**

试验设套种圆叶决明和清耕茶园2个处理：（1）套种闽引2号圆叶决明，于2015年4月初，在茶园中套种闽引2号圆叶决明，播种量15.0 kg·hm-2，待幼苗长出来后除了采用人工拔去少量杂草外均采用免耕方式管理，每年11月底-12月初（盛荚期）用割草机割草一次，修剪物均匀覆盖于茶园行间。（2）清耕茶园：视杂草生长情况，3-4个月人工除草1次。试验地地形、生态环境和管理措施一致。每个处理设置三个20m×10m标准地， 随机区组排列。

**1.3 试验观察与测定方法**

1.3.1 茶园温湿度观测

在2017年7月12日至19日（7月15日遇阵雨采集数据不做分析），在试验区内安设温湿度自动记录仪，自动记录每天8：00、10：00、12：00、14：00、16：00、18：00茶园温湿度（离地100cm），分析在夏季高温干旱时期两种栽培模式对茶园温湿度的影响。

1.3.2 土壤理化性状测定

2017年7月12日，在各试验区内采用5点取样法，用土钻采集茶树根系活动土层20～40 cm的土壤分析有机质、全氮、全磷、全钾及速效氮、速效磷和速效钾的含量；采集土壤主要截水区0～20 cm及茶树根系主要吸收区20～40 cm土层土壤分析其含水量[15]。

1.3.3土壤微生物量测定

2017年7月12日，在各试验区内采用5点取样法，取茶树根系活动土层20～40 cm的土壤，测定微生物量，土壤微生物量测定采用梯度稀释法制备土壤悬液，稀释涂抹平板计数法进行分离，测定细菌、真菌、放线菌数量[16]。

1.3.4茶树光合特性测定

于2017年7月12日上午9时，按5点取样法选定茶树，取新梢第二片成熟真叶，用LI-6400便携式光合测定仪（基因有限公司产）选择净光合速率（Pn）、气孔导度（Gs）、胞间CO2浓度（Ci）、蒸腾速率（Tr）4个指标进行测定。测定时光强约为800 µmoL/(m2·S)，温度为(31±1)℃，CO2浓度为(400±10) µL/L。每叶测定3次，取平均值。

1.3.5茶叶品质及产量测定

于2017年7月12日到29日夏茶生产季节，每隔三天，用1m×1m固定方框，从上至下采摘完方框内所有的一芽二叶为主的鲜叶称重，统计茶叶产量。同时采摘一芽二叶鲜叶200 g，按相同加工工艺制成烘青茶叶样品，测定茶叶品质。样品中茶多酚含量的测定采用酒石酸铁比色法，氨基酸采用茚三酮比色法、咖啡碱采用紫外分光光度法、水浸出物的测定采用全量法[17]。

用Excel和SSPS统计分析软件进行数据处理。

**2结果与分析**

**2.1茶园空气湿度**

表1 茶园空气湿度

Table 1 The air humidity of tea garden

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 处理 | 日均值% | 最高值% | 最低值% |
| 套种闽引2号圆叶决明 Intercropping*C.rotundifolia* ‘minyin 2’ | 73.24±0.58a | 87.39±0.21a | 61.32±0.06a |
| 清耕茶园  Clearing tillage | 69.34±0.21b | 83.21±0.06b | 54.76±0.16b |

注：不同小写字母表示套种与清耕处理之间差异显著(*P*＜0.05)。下同。

Note：Different lower case letters means significant difference among different patterns at the 0.05 level.The same below.

由表1可知，套种圆叶决明茶园空气湿度日均值显著高于清耕茶园；空气湿度最低值比清耕茶园显著提高9.98%（*P*<0.05），空气湿度最高值也同样表现为套种圆叶决明显著高于清耕茶园（*P*<0.05）。套种圆叶决明能增加茶园空气湿度。

**2.2茶园空气温度**

从表1可以看出，在12：00和14：00套种圆叶决明茶园空气温度显著低于清耕茶园（*P*<0.05），在8：00、10：00、18：00茶园的气温无差异显著（*P*<0.05），其中14：00时清耕茶园空气温度高于套种圆叶决明茶园3.0℃，同时清耕茶园空气温度日变化幅度高于套种圆叶决明茶园3.1 ℃。套种圆叶决明茶园较清耕茶园模式具有一定的温度调节能力。

图1茶园空气温度

Fig.1 The air temperature of tea garden

**2.3茶园土壤理化性状**

2.3.1土壤养分含量由表2可看出，与清耕茶园相比，套种圆叶决明茶园显著(*P*<0.05)提高茶园土壤全氮、全磷、速效磷、速效氮及有机质含量，其中速效氮含量比清耕茶园增加84.78mg/kg，而全钾、有效钾含量的影响差异不显著(*P*<0.05)。

2.3.2土壤含水量 从图2可看出，在表层(0～20 cm)，套种圆叶决明茶园土壤含水量比清耕茶园显著提高了24.58%(*P*<0.05)；而在(20～40 cm)土层则呈现相反的趋势，套种圆叶决明茶园土壤含水量显著低于清耕茶园(*P*<0.05)。

表2 茶园土壤基本化学性状

Table 2 Soil basic chemical properties of tea garden

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 茶园类型  Tea plantation  type | 速效氮Avaivable nitrogen/mg·kg-1 | 速效磷Avaivable phosphours  /mg·kg-1 | 速效钾Avaivable potassium  /mg·kg-1 | 全氮Total nitrogen  /g·kg-1 | 全磷Total phosphours  /g·kg-1 | 全钾Total potassium  /g·kg-1 | 有机质Organic  Matter  /g·kg-1 |
| 套种闽引2号圆叶决明 Intercropping *C.rotundifolia* ‘minyin 2’ | 198.32±11.42a | 5.43±0.43a | 96.49±2.33a | 3.55±0.03a | 0.67±0.01a | 15.28±2.33a | 12.67±0.26a |
| 清耕茶园  Clearing tillage | 113.54±5.96b | 3.83±1.39b | 94.96±0.77a | 1.05±0.02b | 0.23±0.03b | 15.27±0.06a | 8.36±0.39b |

表3茶园土壤含水量（%）

Table 3 The soil moisture of tea garden（%）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 茶园类型  Tea plantation type | 土壤含水量（%） | |
| 0-20cm | 20-40cm |
| 套种闽引2号圆叶决明 Intercropping*C.rotundifolia* ‘minyin 2’ | 19.86±0.44a | 18.34±0.28b |
| 清耕茶园  Clearing tillage | 15.34±0.25b | 19.47±0.37a |

**2.4茶园土壤微生物**

由表3可知，与清耕茶园相比，套种圆叶决明可显著提高茶园土壤细菌和放线菌数量，减低真菌数量(P<0.05)。土壤细菌数量比清耕茶园显著提高了53%(*P*<0.05)，放线菌数量则显著提高158%(*P*<0.05)，而真菌数量则显著降低81%*P*<0.05)。

表4茶园土壤微生物量

Table 4 The amount of microbes of tea garden

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 茶园类型  Tea plantation type | 细菌 Bacteria /  （×105cfu·ｇ-1） | 真菌 Fungi /  （×103cfu·ｇ-1） | 放线菌 Actinomycetes /（×104cfu·ｇ-1） |
| 套种闽引2号圆叶决明 Intercropping*C.rotundifolia* ‘minyin 2’ | 23.76±3.11a | 37.67±11.34b | 113.32±14.65a |
| 清耕茶园  Clearing tillage | 15.46±3.76b | 68.31±8.76a | 43.89±4.91b |

注：数据为套种与清耕处理土壤微生物平均数。

Note： Data for April， July average soil microorganisms.

**2.5栽培模式对茶树光合特性的影响**

从表4中可以看出，套种圆叶决明茶园茶树的净光合速率略高于清耕茶园，但差异不显著(*P*<0.05)，套种圆叶决明茶树气孔导度显著高于传统清耕茶园模式(*P*<0.05)，蒸腾速率方面套种圆叶决明茶树显著低于清耕茶园(*P*<0.05)，表明套种圆叶决明能提高茶树光合利用率。

表5 茶树净光合速率及相关光合参数

Table5 Net photosynthesis rate and correlative photosynthetic parameters of tea tree

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 茶园类型  Tea plantation type | 净光合速率  Net photosynthesis rate (µmol/m2•s) | 气孔导度  Stomatal conductance  (mol/m2•s) | 胞间CO2浓度  Intercellular CO2 concentration  (µmol/mol) | 蒸腾速率  Transpiration rate  (mmol/m2•s) |
| 套种闽引2号圆叶决明 Intercropping*C.rotundifolia* ‘minyin 2’ | 10.67±2.55a | 201.25±43.04a | 237.35±37.32a | 4.03±0.95b |
| 清耕茶园  Clearing tillage | 10.18±0.97a | 189.20±33.33b | 221.57±36.21a | 4.66±1.23a |

**2.6 栽培模式对茶叶产量及品质的影响**

由表5可以看出，套种圆叶决明茶园茶叶氨基酸﹑茶水浸出物含量显著高于清耕茶园(*P*<0.05)，而咖啡碱﹑茶多酚含量含量显著低于清耕茶园(*P*<0.05)，对酚氨比的测定显示，套种圆叶决明茶园茶叶酚氨比显著小于清耕茶园；同时套种圆叶决明茶园夏茶产量较清耕茶园显著提高了17%(*P*<0.05)，套种圆叶决明可增加茶园夏茶产量。

表6 茶叶产量品质

Table 6 Tea quality and yield

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 茶园类型  Tea plantation type | 氨基酸Amino acid content/（%） | 咖啡碱Caffeine content/  （%） | 茶多酚Tea polyhedral content/  （%） | 茶水浸出物Water extraction content/  （%） | 水分Moisture/（%） | 酚氨比Phenlo ammonia tatio | 产量  Yield  /g.m-2 |
| 套种闽引2号圆叶决明 IIntercropping*C.rotundifolia* ‘minyin 2’ | 2.37±0.14a | 4.43±0.11b | 24.02±1.42b | 41.16±4.21ab | 7.81±0.07a | 10.13±2.33b | 233.7±13.2a |
| 清耕茶园  Clearing tillage | 1.84±0.05b | 4.97±0.75a | 27.84±1.77a | 38.26±0.84b | 7.63±0.11a | 15.13±2.68a | 199.2±9.5b |

**3 讨论**

福建省茶园面积占全国茶园总面积的8.6%，居全国第五位；茶叶总产量居全国第一位；然而大部分山地茶园建设仍以传统生产方式为主。但随着茶园种植面积的不断扩大， 粗放生产，茶园土壤缺乏地表覆盖，导致茶园土壤水土流失、土壤肥力下降。合理的间套作作物，可丰富茶园生物多样性，改善与优化生茶园微域生境，使茶园环境向有利于茶树生长的方向转化[1]。

我国南方季节性干旱具有发生时间长、强度大的特征，其发生时太阳辐射强烈、温度高、湿度低、土壤水分蒸发强，不利于喜荫，好湿的茶树的生长，是影响茶园产量和品质的突出问题之一[14]。本研究结果表明，在夏季高温季节，人工套种圆叶决明能显著降低茶园温度日变化幅度，提高茶园空气湿度，以及显著提高茶园(*P*<0.05)土壤含水量(0～20 cm土层)， 具有一定的温湿度调节及保水能力。圆叶决明是热带豆科植物，喜高温，在湘南、粤北、福建等地，圆叶决明4月份开始生长，夏季生长最旺，7-9月生长最快，在夏季高温干旱来临前就能形成有效覆盖，由于其对茶园土壤的通过遮盖及覆盖， 降低了光线的直射，增温趋势减缓，同时套种的圆叶决明对空气及土壤水分还起到一定程度的截留作用，减少了地表土壤水分的蒸发及增加土壤水分的入渗，从而阻止了茶园内部水分的流失，更好的调节了茶园温湿度条件，能改善高温干旱对茶树的胁迫作用，有利于茶树氨基酸、碳水化合等物质的积累，改善茶叶的品质[18]。刘涛[10]等的研究结果也表明显示，果园套种圆叶决明牧草的植草区与清耕区相比， 在高温季节不同土层可降低土壤地温1-5℃， 土壤含水量分别提高3.79-5.98%。这也与朱庆松[19]等对不同覆盖模式下茶园温湿度变化的研究结果一致。但也有研究结果表明间套作作物的时，对土壤保水和争水的情况有时交替出现，这可以能与茶园生草作物生长过程中对土壤水分的利用以及生草作物类型和管理方式有关，这方面还需要进一步的深入研究[20]。

本研究结果表明：与清耕茶园相比，茶园套种圆叶决明相显著(*P*<0.05)提高茶园土壤有机质、全氮、全磷、速效氮、速效磷含量，其中速效氮含量比清耕茶园增加57.78mg/kg。这与董春华[21]等对茶园套种绿肥后土壤理化影响的研究结果基本一致，吴洵[22]等通过在幼龄茶园套种另一种豆科作物白三叶草，也发现套种白三叶草能提高茶园土壤有机质及氮﹑磷等养分含量。一方面由于圆叶决明的根瘤菌的生物固氮能力，提高了土壤氮素的净输入， 使土壤氮素含量大幅增加；另一方面套种圆叶决明产生的有机物料，更好的促进了土壤微生物的活动，增加生物降解量，有利于土壤养分的释放及积累，进一步改善土壤养分状况[23-24]；同时，圆叶决明对茶园的覆盖，更好的降低了阳光的对土壤的直接照射，降低了土壤有机物的矿化速率，同时间套种作物其根系的穿插作用，更能增进土壤团粒结构的形成，使土壤透气、透水、疏松性得以增加，进而改善土壤物理性状[25]；合理的茶园间套作可有效提高茶园土壤肥力状况。

本研究发现，茶园套种圆叶决明相比清耕茶园可显著提高茶园土壤细菌和放线菌数量(*P*<0.05)，土壤细菌数量分别比传统清耕茶园显著提高了53(*P*<0.05)，放线菌数量则显著提高158%(*P*<0.05)。土壤微生物量是土壤中具有生命活力的重要有机物质，土壤微生物量的明显提高，有利于土壤有机质分解、腐殖质形成、土壤养分转化，进而推进土壤肥力的不断改善。高美英等的研究也表明套种牧草可明显提高高果园土壤中主要微生物类群的数量， 尤其是对细菌和固氮菌的影响更大[26-28]。茶园套种圆叶决明后其凋落物腐烂为土壤微生物提供了丰富的营养物质能为土壤微生物提供丰富的营养物质，以及套种后土壤通气性、水势梯度和热传导性也随之改变，有利于适宜微生物生存和繁殖的条件形成[9]。

茶树在长期的系统发育过程中形成了喜漫射光的特性[29]。本研究结果发现，茶园套种圆叶决明茶树的净光合速率﹑气孔导度均高于传统清耕茶园。宋储君[30]等通过对间种白三叶草对茶树光合作用及茶叶品质的影响研究也发现，间种白三叶能提高茶树叶片的净光合速率，促进茶树的生长。套种的圆叶决明由于其对于阳光的散射、散射、辐射作用形成的漫射光，提高了茶树光利用率，同时套种的圆叶决明后土壤养分含量增加、持水能力加强、茶园温湿度得到更好调节也有利于茶树的光能利用[31-32]。

已有研究结果表明，合理的茶园间套作能为茶树提供优越的生长环境，提高茶叶产量及品质[33]。舒庆龄[34]等研究发现，间作茶园茶叶的咖啡碱含量显著高于纯茶园，而茶多酚、儿茶素含量及酚氨比均显著低于纯茶园。赵康[35]等的研究发现，茶园套种板栗可有效提高茶叶百芽质量、芽长、茶叶含水量；氨基酸含量分别提高了58.14%和36.04%，咖啡碱含量分别提高31.18%和29.83%。吴志丹等[25]的研究也发现，在红黄壤区丘陵茶园套种3种牧草(百喜草、白三叶和平托花生)可比对照增加茶叶产量6.48%～20.26%。本研究存在同样的变化趋势，茶园套种圆叶决明夏茶的氨基酸﹑茶水浸出物含量显著高于传统清耕茶园(*P*<0.05)；同时夏茶产量较传统清耕茶园也显著提高17%(*P*<0.05)。茶园套种圆叶决明能改变茶园光、温、湿、土壤等条件，有利于调节茶树的生长代谢有利于茶树的生长代谢及氨基酸﹑碳水浸出物等物质的积累，从而增加夏茶产量及改善茶叶品质。

相对于单一茶树栽培模式，茶园套种圆叶决明有利于改善茶园土壤理化状况及微域环境，更有利于茶树的生长及叶产量品质的提高，是一种切实可行的生态茶园建设措施。本研究仅对单一季节及单一套种圆叶决明下茶园温湿度、土壤理化性状﹑茶树生长等方面进行初步对比研究，尚未开展不同管理措施及草种组合的下的茶园长期动态变化数据，今后还需开展多样化、标准化的长期定位监测研究，为提升茶园栽培模式建设提供数据支持和理论基础。

**参考文献**

[1]翁伯琦，应朝阳，黄毅斌.闽北山区红壤丘陵开发地生态恢复与综合利用模式构建及其应用研究.水土保持学报，2006，20(1)：147-150.

Weng B Q，Ying Z Y，Huang Y B.Study onconstruction and application of comprehensive utilization mode and ecological rehabilitation of empoldered Red Soil Mountains in Northern Fujian.Journal of Soil and Water Conservation，2006，20(1)：147-150.

[2]翁伯琦，王义祥，钟珍梅.山地生态茶园复合栽培技术的研究与展望.茶叶学报，2015，56(3)：133-138.

Weng B Q，Wang Y X，Zhong Z M.Development of ecological tea plantations in china.Tea Science ，2015，56(3)：133-138.

[3]叶花兰，李春燕，郑向丽，徐国忠.豆科牧草圆叶决明的研究进展.中国农学通报，2008，11(24)：467-470.

Ye H l，Li C Y，Zheng X l，Xu G Z.Advances on Studies of *Chamaecrista rotundifolia*.Chinese Agricultural Science

Bulletin，2008，11(24)：467-470.

[4]应朝阳，罗旭辉，黄毅斌，翁伯琦，林永生.闽引圆叶决明适应性研究.草地学报，2010，1(18)：137-140.

Ying Z Y，Luo X H，Huang Y B，Weng B Q，Lin Y S. Study on Adaptability of Chamaecrista rotundifolia Greene. CV.Minyi. Acta Agrestia Sinica，2010，1(18)：137-140.

[5]陈志彤，罗旭辉，李春燕，应朝阳，黄毅斌.闽引２号圆叶决明的适应性研究.草地学报，2012，3(20)：484-488.

Chen Z T，Luo X H，Li C Y，Ying Z Y，Huang Y B.Adaptability of Chamaecrista rotundifolia ‘Minyin 2’.Acta Agrestia Sinica，，2012，3(20)：484-488.

[6]詹杰，罗旭辉，苏小珍，应朝阳.不同留株密度对圆叶决明生产性能及光合特性的影响.草业学报，2011， (5)：66-71.

Zhan J，Luo X H，Su X Z，Ying Z Y.Effect of planting density on productivity and photosynthetic characteristics of Chamaecrista rotundifolia.[Acta Prataculturae Sinica](http://192.168.1.20/kns55/loginid.aspx?uid=&p=Navi/Bridge.aspx?LinkType=BaseLink&DBCode=cjfq&TableName=CJFQbaseinfo&Field=BaseID&Value=CYXB)，2011，(5)：66-71.

[7]罗旭辉，钟珍梅，詹杰.几种牧草在福建侵蚀茶园生态修复中的应用.亚热带水土保持， 2009， 21(4)：45-48.

Luo X H，Zhong Z M，Zhan J，et al.Application of some forage on restoring tea garden ecology in soil-erodible-regions in Fujian Province.Subtropical Soil and Water Conservation，2009，21(4)：45-48.

[8]任丽花，王义祥，翁伯琦.土壤水分胁迫对圆叶决明叶片含水量和光合特性的影响．厦门大学学报(自然科学版)，2005，44(S1)28-31.

Ren L H，Wang Y X，Weng B Q.The Effect of Water Stress on the Water Content and Photosynthesis of Leaves of Chamaecrista rotundifolia.[Journal of Xiamen University (Natural Science)](http://192.168.1.20/kns55/loginid.aspx?uid=&p=Navi/Bridge.aspx?LinkType=BaseLink&DBCode=cjfq&TableName=CJFQbaseinfo&Field=BaseID&Value=XDZK)，2005，44(S1) 28-31.

[9]曾日秋，黄毅斌，洪建基.枇杷园套种豆科牧草的生态效应.福建农业学报，2010，25(4)：517-519.

Zeng R Q，Huang Y B，Hong J J.Ecologicaleffects of inter-plantation of leguminous grass in Loquat orchard(In Chinese).Fujian Journal of Agricultural Sciences，2010，25(4)：517-519.

[10]陈学森，苏桂林，姜远茂.可持续发展果园的经营与管理-再谈果园生草培肥地力及其配套技术.落叶果树，2013，45(1)：1-3.

Chen X S，Su G L，Jiang Y M.Management and administration of the sustainable development orchard-Talk about grass fertilizer soil fertility of orchard and its matching techniques again(In Chinese).Deciduous Fruit Tree，2013，45(1)：1-3.

[11]黄东风，林新坚，罗涛.茶园牧草套种技术应用及其生态效应分析.中国茶叶，2002，24(6)：16-18.

Huang D F，Lin X J，Luo T. Technology application and ecology effects on forage inter-planted in tea garden.China Tea，2002，24(6)：16-18.

[12]黄道友，王克林，黄敏，陈洪松，吴金水，张广平.我国南亚热带典型红壤丘陵区季节性干旱.生态学报，2004，11(24)：2517-2523.

Huan D Y，Wang K L，Huang Mi，Chen H S，Wu J S，Zhang G P.Seasonal drought problems in the red soil hilly region of the middle subtropical zone of China.Acta Ecologica Sinica，2004，11(24)：2517-2523.

[13]杨菲，李蓓蓓，何辰宇.高温干旱对茶树生长和品质影响机理的研究进展，2017，45(3)：10-13，40.

Yang F，LI B B，He C Y.Research Progress on Effects of High Temperature and Drought on Tea Growth and Quality.[Jiangsu Agricultural Sciences](http://192.168.1.20/kns55/loginid.aspx?uid=MkFtQzhkNVRTcVl2TzFMYU54bFJPZzNQM3MzK0FkeGJ2YkJteGpkcXhldkltaWtm&p=Navi/Bridge.aspx?LinkType=BaseLink&DBCode=cjfq&TableName=CJFQbaseinfo&Field=BaseID&Value=JSNY)，2017，45(3)：10-13，40.

[14]肖润林，王久荣，陈正法，刘永胜，彭晚霞，彭佩钦，汤宇.亚热带丘陵山地茶园面临的生态问题与对策.农业现代化研究，2004，25(5)：360-363.

Xiao R L，Wang J R，Chen Z F，Liu Y S，Peng W X，Peng P Q，Tang Y.Ecological tea plantations and tea safety hi-efficiency production in the subtropical hill region of china.Research of Agricultural Modernization， 2004，25(5)：360-363.

[15]鲁如坤.土壤农业化学分析方法.北京：中国农业科技出版社，2000.

Lu R K.Soil Agricultural Chemical Analysis Method.Beijing：China Agricultural Science And Technology Press，2000. [16]中国科学院南京土壤研究所微生物室.土壤微生物研究法.北京科学出版社，1985.

Institute of Microbiology，Nanjing Soil Institute，Chinese Academy of Sciences.Soil Microbiological Approach.Beijing Science Press，1985.

[17]陆松侯，施兆鹏.茶叶审评与检验.北京中国农业出版社，2001.

Lu S H，Shi Z P.Tea Review and Inspection.Beijing China Agricultural Press，2001.

[18]彭晚霞，宋同清，肖润林，[杨知建](http://wanfang.fjinfo.org.cn/S/paper.aspx?f=detail&n=10&q=%e4%bd%9c%e8%80%85+%3a+%22%e6%9d%a8%e7%9f%a5%e5%bb%ba%22++DBID%3aWF_QK)，[李盛华](http://wanfang.fjinfo.org.cn/S/paper.aspx?f=detail&n=10&q=%e4%bd%9c%e8%80%85+%3a+%22%e6%9d%8e%e7%9b%9b%e5%8d%8e%22++DBID%3aWF_QK)，[夏艳珺](http://wanfang.fjinfo.org.cn/S/paper.aspx?f=detail&n=10&q=%e4%bd%9c%e8%80%85+%3a+%22%e5%a4%8f%e8%89%b3%e7%8f%ba%22++DBID%3aWF_QK)，[汤宇](http://wanfang.fjinfo.org.cn/S/paper.aspx?f=detail&n=10&q=%e4%bd%9c%e8%80%85+%3a+%22%e6%b1%a4%e5%ae%87%22++DBID%3aWF_QK).覆盖与间作对亚热带丘陵茶园土壤水分供应的调控效果.水土保持学报，2005，19(6)：97-1015.

Peng W X，Song T Q，Xiao R L，Yang Z J，LI S H.Xiao Y J，Tang Yu.Effects of straw mulching and intercropping white clover in tea plantation on soil moisture in subtropical hilly region. [Journal of Soil and Water Conservation](http://wanfang.fjinfo.org.cn/C/periodical-trqsystbcxb.aspx)， 2005，19(6)：97-1015.

[19]朱庆松，刘松虎，赵海英.信阳毛尖茶园不同覆盖措施对和光照强度及风速的影空气湿度响.北方园艺，2010，(14)：60-62.

ZhuU Q S，Liu S H，Zhao H Y. Effects of Different Mulching Measures on the Moisture of Air，Light Intensity，Wind Speed in the Tea Gal'dell of Xinyang. [Northern Horticulture](http://wanfang.fjinfo.org.cn/C/periodical-bfyany.aspx)，2010，(14)：60-62.

[20]郝淑英， 刘蝴蝶，牛俊玲.黄土高原区果园生草覆盖对土壤物理性状、水分及产量的影响.土壤肥料， 2003(1)：25–27.

Hao S Y， Liu H D， Niu J L.Effects of herbage-mulching to the apple yield and soil water and other soil physical properties inthe Loess Plateau.Soil and Fertilizers， 2003(1)：25–27.

[21]董春华，曾希柏，文石林，罗尊长，苏以荣.湘南红壤丘陵区幼龄果园豆科牧草培肥效果研究.土壤学报，2016，5(53)：1225-1236.

Dong C H，Zeng X B，Wen S l，Luo Z C.Su Y R.Soil Building Effect of Planting Forage Legumes in Young Orchard in Hilly RedSoil Regions，South Hunan，China.Acta Pedologica Sinica，2016，5(53)：1225-1236.

[22]吴洵.有机茶园生草栽培的好草种-白三叶草.茶叶通讯，2009，36(3)：26-27.

Wu X.One good forage inter-planted in organic tea garden-Trif*oliumrepens* Linn.Tea Communication，2009，36(3)：26-27.

[23]曾丹娟，黄玉清，莫凌，黎彦余，王静，王三秋.果园套种牧草地上生物量的动态变化及其对土壤肥力的影响.草业科学，2011，28(12)：2170-2174.

Zheng D J，Huang Y Q，Mo L，Li Y Y，Wang J，Wang S Q.Above ground biomass of inter cropping forages in orchard and its effect on soil fertility.Pratacultural Science，2011，28(12)：2170-2174.

[24]宋同清，肖润林，彭晚霞，[王久荣](http://wanfang.fjinfo.org.cn/S/paper.aspx?f=detail&n=10&q=%e4%bd%9c%e8%80%85+%3a+%22%e7%8e%8b%e4%b9%85%e8%8d%a3%22++DBID%3aWF_QK)，[李盛华](http://wanfang.fjinfo.org.cn/S/paper.aspx?f=detail&n=10&q=%e4%bd%9c%e8%80%85+%3a+%22%e6%9d%8e%e7%9b%9b%e5%8d%8e%22++DBID%3aWF_QK)，[刘小飞](http://wanfang.fjinfo.org.cn/S/paper.aspx?f=detail&n=10&q=%e4%bd%9c%e8%80%85+%3a+%22%e5%88%98%e5%b0%8f%e9%a3%9e%22++DBID%3aWF_QK)，[夏艳](http://wanfang.fjinfo.org.cn/S/paper.aspx?f=detail&n=10&q=%e4%bd%9c%e8%80%85+%3a+%22%e5%a4%8f%e8%89%b3%22++DBID%3aWF_QK).覆盖与间作对亚热带丘陵幼龄茶园土壤环境和生产的影响.农业工程学报，2006，22(7)：60-64.

[Song T Q](http://wanfang.fjinfo.org.cn/S/paper.aspx?f=detail&n=10&q=%e4%bd%9c%e8%80%85+%3a+%22Song+Tongqing%22++DBID%3aWF_QK)，Xiao R L，[Peng W](http://wanfang.fjinfo.org.cn/S/paper.aspx?f=detail&n=10&q=%e4%bd%9c%e8%80%85+%3a+%22Peng+Wanxia%22++DBID%3aWF_QK) X，Wang J R，Li S H，[Liu X Fei](http://wanfang.fjinfo.org.cn/S/paper.aspx?f=detail&n=10&q=%e4%bd%9c%e8%80%85+%3a+%22Liu+Xiaofei%22++DBID%3aWF_QK)，[Xia Y](http://wanfang.fjinfo.org.cn/S/paper.aspx?f=detail&n=10&q=%e4%bd%9c%e8%80%85+%3a+%22Xia+Yan%22++DBID%3aWF_QK).Effects of straw mulching and white clover intercropping on soil environment and the production of tea in young tea plantation in subtropical hilly region.Transactions of the Chinese Society of Agricultural Eenineering，2006，22(7)：60-64.

[25]吴志丹，尤志明，江福英，王 峰，朱留刚，翁伯琦.行间覆盖绿肥对幼龄茶园土壤理化性状的影响

.福建农业学报，2013，28(12)：1285-1290.

Wu Z D，You Z M，Jiang F Y，Wang F，Zhu L G，Weng B Q.Effects of Inter-row Green Manure Mulching on Soil Physical and Chemical Properties of Young Tea Plantation.Fujian Journal of Agricultural Sciences，2013，28(12)：1285-1290.

[26]寇建村，杨文权，韩明玉.行间种植豆科牧草对苹果园土壤微生物区系及土壤酶活性的影响. 草地学报，2013，21(4)：676-682.

Kou J C，Yang W Q，Han M Y.Effects of interplanted legumes in apple orchard on soil microbial population and enzyme activities(In Chinese).ActaAgrestia Sinica，2013，21(4)：676—682.

[27]钱进芳，吴家森，黄坚钦.生草栽培对山核桃林地土壤养分及微生物多样性的影响.生态学报，2014，34(20)：6002-6010.

Qian J F，Wu J S，Huang J Q.Effects of sod-cultural practices on soil nutrients and microbial diversity in the *Carya cathayensis* forest.Acta Ecologica Sinica，2014，34(20)：6002-6010.

[28]惠竹梅，李华，龙妍，张瑾，庞学良.葡萄园行间生草体系中土壤微生物数量的变化及其与土壤养分的关系.园艺学报，2010，37(9)：1395-1402.

Hui Z M，Li H，Long Y，Zhang J，Pang X L.Variation of soil microbial populations and relationships between microbial factors and soil nutrients in cover cropping system of vineyard.Acta Horticulturae Sinica，2010，37(9)：1395-1402.

[29]孙君，朱留刚，林志坤，[张文锦](http://192.168.1.20/kcms/detail/search.aspx?dbcode=CJFQ&sfield=au&skey=%e5%bc%a0%e6%96%87%e9%94%a6&code=32456238;29610668;34242934;06655140;).茶树光合作用研究进展.福建农业学报.2015，30(12)：1231-1237.

Sun J，Zhu L G，LIN Z K，Zhang We J.Research Progress on Photosynthesis of Tea Plants.[Fujian Journal of Agricultural Sciences](http://192.168.1.20/kns55/loginid.aspx?uid=aTE3TGdrRC93ZE5qYXR6SWwrU3pTdmtFWlNDTG95Zm5oQ0Y2Z3U3VUJ3SExtSFJP&p=Navi/Bridge.aspx?LinkType=BaseLink&DBCode=cjfq&TableName=CJFQbaseinfo&Field=BaseID&Value=FJNX).2015，30(12)：1231-1237.

[30]宋储君，金朝贤，田晓兰，肖润林.覆盖和间种对茶树光合作用及茶叶生产的影响.中国农业科学，2015，48( 1)： 130-139.

Long C J，Jing C X，Tian X L，Xiao R L.Effects of orchard mulching grass on the microstructure and function of photosystem in apple leaves. Scientia Agricultura Sinica，2015，48(1) ：130-139.

[31]田永辉，梁远发，王国华，[王家伦](http://192.168.1.20/kns55/popup/knetsearchNew.aspx?sdb=CJFQ&sfield=%e4%bd%9c%e8%80%85&skey=%e7%8e%8b%e5%ae%b6%e4%bc%a6&scode=06948070%3b06944403%3b06943173%3b06944404%3b12396370%3b06948074%3b)，[周国兰](http://192.168.1.20/kns55/popup/knetsearchNew.aspx?sdb=CJFQ&sfield=%e4%bd%9c%e8%80%85&skey=%e5%91%a8%e5%9b%bd%e5%85%b0&scode=06948070%3b06944403%3b06943173%3b06944404%3b12396370%3b06948074%3b)，[吴德明](http://192.168.1.20/kns55/popup/knetsearchNew.aspx?sdb=CJFQ&sfield=%e4%bd%9c%e8%80%85&skey=%e5%90%b4%e5%be%b7%e6%98%8e&scode=06948070%3b06944403%3b06943173%3b06944404%3b12396370%3b06948074%3b).人工生态茶园光效应研究.茶叶科学，2001，21(2)：170-174.

Tian Y H，Liang Y F，Wang G H，Wang J L，Zhou G L，Wu D M.Study on ecolgical benefits of artificial ecological tea garden. [Journal of Tea Scinece](http://wanfang.fjinfo.org.cn/C/periodical-cykx.aspx)，2001，21(2)：170-174.

[32]肖正东，程鹏，马永春，[王道金](http://wanfang.fjinfo.org.cn/S/paper.aspx?f=detail&n=10&q=%e4%bd%9c%e8%80%85+%3a+%22%e7%8e%8b%e9%81%93%e9%87%91%22++DBID%3aWF_QK)，[佘诚棋](http://wanfang.fjinfo.org.cn/S/paper.aspx?f=detail&n=10&q=%e4%bd%9c%e8%80%85+%3a+%22%e4%bd%98%e8%af%9a%e6%a3%8b%22++DBID%3aWF_QK)，[蔡新玲](http://wanfang.fjinfo.org.cn/S/paper.aspx?f=detail&n=10&q=%e4%bd%9c%e8%80%85+%3a+%22%e8%94%a1%e6%96%b0%e7%8e%b2%22++DBID%3aWF_QK)，[季琳琳](http://wanfang.fjinfo.org.cn/S/paper.aspx?f=detail&n=10&q=%e4%bd%9c%e8%80%85+%3a+%22%e5%ad%a3%e7%90%b3%e7%90%b3%22++DBID%3aWF_QK).不同种植模式下茶树光合特性、茶芽性状及茶叶化学成分的比较.南京林业大学学报(自然科学版)，2011，35(2)：16-19.

Xiao Z D，Cheng P，Ma Y C，Wang Z D Yu C Q，Cai X L，Ji L L.Comparison of photosynthesis characteristics， bud characters and chemical compositions for tea in different planting models. JournalL of Nanjing Forestry University (Natural Science Edition) ，2011，35(2)：16-19.

[33]巩雪峰，余有本，肖斌，[陈婵婵](http://wanfang.fjinfo.org.cn/S/paper.aspx?f=detail&n=10&q=%e4%bd%9c%e8%80%85+%3a+%22%e9%99%88%e5%a9%b5%e5%a9%b5%22++DBID%3aWF_QK)，[金珊](http://wanfang.fjinfo.org.cn/S/paper.aspx?f=detail&n=10&q=%e4%bd%9c%e8%80%85+%3a+%22%e9%87%91%e7%8f%8a%22++DBID%3aWF_QK).不同栽培模式对茶园生态环境及茶叶品质的影响.西北植物学报，2008，28(12)：2485-2491.

Gong X F，Yu Y B，Xiao Y B，Xiao B，Chen C C，Jin S. Effects of different cultivating modes of tea gardens on environment and tea quality.Acta Botanica BorealI-Occidentalia Sinica，2008，28(12)：2485-2491.

[34]舒庆龄，赵和涛.不同茶园生态环境对茶树生育及茶叶品质的影响.生态学杂志，1990，9 (2)：15-19.

Shu Q L Zhao H T Influence of ecoenvironment in tea plantations on development of tea trees and quality of tea. [Chinese Journal of Ecology](http://192.168.1.20/kns55/loginid.aspx?uid=aUh0THgxWmpyV3I4RlIvQkVzS3dZVlJIdHEwOTk4V2JZVWNIQXN5VVNzcmgxejdk&p=Navi%2FBridge.aspx%3FLinkType%3DBaseLink%26DBCode%3Dcjfd%26TableName%3DCJFDbaseinfo%26Field%3DBaseID%26Value%3DSTXZ)，1990，9(2)：15-19.

[35][赵康](http://192.168.1.20/kcms/detail/search.aspx?dbcode=CJFQ&sfield=au&skey=%e8%b5%b5%e5%ba%b7&code=27428606;19001165;22289589;17709951;06156241;)，[肖正东](http://192.168.1.20/kcms/detail/search.aspx?dbcode=CJFQ&sfield=au&skey=%e8%82%96%e6%ad%a3%e4%b8%9c&code=27428606;19001165;22289589;17709951;06156241;)，[佘诚棋](http://192.168.1.20/kcms/detail/search.aspx?dbcode=CJFQ&sfield=au&skey=%e4%bd%98%e8%af%9a%e6%a3%8b&code=27428606;19001165;22289589;17709951;06156241;)，[季琳琳](http://192.168.1.20/kcms/detail/search.aspx?dbcode=CJFQ&sfield=au&skey=%e5%ad%a3%e7%90%b3%e7%90%b3&code=27428606;19001165;22289589;17709951;06156241;)，[傅松玲](http://192.168.1.20/kcms/detail/search.aspx?dbcode=CJFQ&sfield=au&skey=%e5%82%85%e6%9d%be%e7%8e%b2&code=27428606;19001165;22289589;17709951;06156241;). 栽培模式对茶树叶片光合生理及茶叶品质的影响.[安徽农业大学学报](http://192.168.1.20/kns55/loginid.aspx?uid=&p=Navi/Bridge.aspx?LinkType=BaseLink&DBCode=cjfq&TableName=CJFQbaseinfo&Field=BaseID&Value=ANHU)，生态学杂志，2012，39(6)：934-939.

Zhao K，Xiao Z D，She C Q，Ji L L，Fu S L.Influence of ecoenvironment in tea plantations on development of tea trees and quality of tea.journal of Anhui Agricultural University，2012，39(6)：934-939.

# 广西澳洲坚果主产区土壤养分状况调查[[1]](#footnote-1)

王文林，陈海生，谭秋锦＊，黄锡云，郑树芳，汤秀华，许鹏，何铣扬

广西南亚热带农业科学研究所，广西龙州 532415

**摘 要** 为探明广西澳洲坚果主产区的土壤养分状况，测定了具有代表性的19个澳洲坚果园950个土壤样品的养分含量，并进行了比较分析。结果表明，广西种植澳洲坚果园的土壤偏酸性，pH均值为5.31；土壤有机质、碱解氮、速效磷和速效钾的均值分别为15.57g/kg、87.02 mg/kg、16.88mg/kg和75.84 mg/kg，属于较缺水平；土壤交换性Ca、Mg均值为1261.57mg/kg、113.51mg/kg，分别属于丰富和较缺水平；土壤微量元素中有效Mn、Zn、B、Fe、Cu、Mo均值为9.51 mg/kg、2.70 mg/kg、4.33 mg/kg、25.28mg/kg、0.12mg/kg和0.02mg/kg，分别属于较缺、中等、丰富、丰富、缺和极缺水平。广西区澳洲坚果园土壤有效养分和微量元素含量差异较大，需因地制宜确定合理的施肥方案。

**关键词** 澳洲坚果；土壤；养分

中图分类号：S158.3 文献标识码 ：A 文章编号：

**Investigation on the soil nutrient status of *Macadamia* in Guangxi**

WANG Wenlin, CHEN Haisheng, TAN Qiujin＊, HUANG Xiyun, ZHENG Shufang, TANG Xiuhua, XU Peng, HE Xianyang

South Asian Tropical Agricultural Science Research Institute of Guangxi, Longzhou, Guangxi Zhuang Autonomous Region 532415, China

**Abstract:** Soil nutrients status in the mail *Macadamia* production regions of Guangxi Province was studied to provide a scientific support for formulating a suitable fertilization strategy and soil nutrients management. Therefore, the nutrient contents of 950 soil samples from 19 macadamia orchards were measured and compared. The results showed that the soil of the *macadamia* orchard planted in Guangxi was rather acidic with an average pH value of 5.31, The mean values of soil organic matter, alkali-hydrolysis nitrogen, available phosphorus and available potassium were 15.57g/kg, 87.02mg/kg, 16.88mg/kg and 75.84mg/kg, respectively, belonging to the relatively deficient level, The mean values of soil exchangeable Ca and Mg were 1261.57 mg/kg and 113.51 mg/kg, which were abundant and deficient, respectively, The mean values of available Mn, Zn, B, Fe, Cu and Mo in soil microelements were 9.51mg/kg, 2.70mg/kg, 4.33mg/kg, 25.28mg/kg, 0.12mg/kg and 0.02mg/kg, respectively, belonging to the relatively deficient, medium, rich, rich, deficient and extremely deficient levels. The contents of available nutrients and trace elements were varied greatly in the soil of *macadamia* orchard in Guangxi province. Fertilization was one of the efficient measures to increase the soil nutrient content, improved the soil capacity to supply nutrient.

**Key words:** *Macadamia*; soil; nutrient

我国是世界澳洲坚果五大生产国之一，主要分布在广东、广西、云南、贵州等热区省。2017年底据农业部报批数据种植面积达120万亩，且每年以15万亩规律增长；其中广西澳洲坚果种植面积约20万亩，预计2020年达到50万亩。近年来澳洲坚果市场需求旺盛，海外市场前景广阔，产业产值高，潜力大。在广西禁种桉树的环境下，澳洲坚果作为优选经济树种，且适植喀斯特山区坡地生长，能够有效地保护区域生态环境，可巩固石漠化治理效果，促进石漠化贫困地区的精准扶贫工作。澳洲坚果园土壤养分状况是制定果园土壤管理和施肥方案的重要依据之一，了解果园土壤养分含量及分布特征，对培肥土壤、合理制定施肥方案、实现澳洲坚果优质高产有重要作用[1]。然而，目前关于广西区澳洲坚果园土壤养分的研究通常只涉及少数县市的部分果园，对整个主产区土壤肥力尚缺乏较为系统的研究。为了科学地指导广西区澳洲坚果园合理施肥，提高澳洲坚果产量，改善果实品质，增加果农经济效益，并改善澳洲坚果园土壤生态环境，本研究于2016年，对广西区澳洲坚果主产区崇左、防城港、南宁、百色、贵港、来宾、岑溪果园土壤有机质、氮、磷、钾、铁、锰、铜、硼等土壤养分和微量元素含量进行测定，了解土壤养分丰缺状况，以期为广西区澳洲坚果园平衡施肥和土壤养分管理提供理论依据。

**1材料与方法**

**1.1研究区概况**

广西地处中国华南地区，东经104°26'～112°04'，北纬20°54'～26°24'，北回归线横贯中部，南临热带海洋，北接南岭山地，西延云贵高原，属亚热带季风气候区。据《广西气候资料》统计，从北到南年平均气温17.9～23.5℃，昼夜温差达10℃以上，年平均降雨量841.2～3387.5mm，光照充足，年日照在1213.0～2135.2h，无霜期达11个月以上，>10℃的活动积温在5000～8000℃，平均持续日数270～330天以上，海拔高度100～800m，基本地貌为山地、丘陵、台地、平原（含盆地）和喀斯特地貌五大类型。土壤类型以砖红壤、赤红壤、红壤、黄壤为主。

**1.2样品采集与分析**

于2016年果实采摘后第一次施肥前，根据广西区的土壤类型、地形地貌、生产水平、气候、种植规模确定代表性取样点。选取崇左、防城港、南宁、百色、贵港、来宾、岑溪等19个市县区（表1），共采集950个样品。根据每个果园地形和具体面积，采取“S”形随机多点方法，用土钻采集 0-40 cm深处的土壤，混匀后用四分法留取1kg土样供分析使用。置室内风干后，过1 mm 和0.25. mm筛，保存于干燥器中，待测定分析。

土壤样品分析参考《土壤农化分析方法》[2]，土壤pH用电位法测定；土壤有机质(SOC)的测定采用重铬酸钾氧化-外加热法；速效氮(AN)用扩散法；速效磷(AP)用0.5 mol•L-1 NaHCO3提取-钼锑抗显色-紫外分光光度法；速效钾(AK)用NH4Ac浸提-原子吸收法。钙(Ca)和镁(Mg)采用原子吸收分光光度法；土壤有效铁(Fe)采用DTPA溶液浸提―邻啡罗啉比色法；有效铜(Cu)、有效锌(Zn)、有效锰(Mn)用四乙酸( DTPA) 浸提原子吸收分光光度法[3]；有效钼(Mu)用草酸—草酸铵浸提—极谱法，有效硼(B)用沸水浸提―姜黄素比色法[4]。所有土壤养分数据均采用Excel 2007和SPSS 19.0软件进行统计分析。

**1.3 分级标准**

土壤养分分级标准参考《中国土壤》[5]，将有机质、碱解氮、速效磷、速效钾分为6级，分别代表丰富、较丰富、中等、较缺、缺和极缺；pH值分6级，分别代表强碱性、碱性、中性、微酸性、酸性、强酸性。交换性钙、交换性镁、有效铜、有效锌、有效锰、有效铁、有效硼、有效钼分为5级，分别代表丰富、中等、较缺、缺和极缺(中国土壤)，详细情况见表2、表3。

表1 土样采样点分布

Table. 1 The distribution of soil samples

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 县/市  county/city | 乡/镇township/town | 村village | 经度（°）  longitude | 纬度（°）latitude | 海拔/m  elevation | 土壤类型  agrotype |
| 龙州 | 彬桥乡 | 南亚所 | 107.9768 | 22.1387 | 134 | 红壤 |
| 扶绥 | 昌平乡 | 四合村 | 107.9657 | 22.1372 | 87 | 红壤 |
| 扶绥 | 山圩镇 | 那利村 | 107.9855 | 22.10586 | 125 | 红壤 |
| 上思 | 安镇 | 那荡村 | 108.1348 | 22.0303 | 185 | 砖红壤 |
| 上思 | 公正乡 | 那齐村 | 107.9792 | 22.1139 | 110 | 砖红壤 |
| 上思 | 思阳镇 | 那加村 | 107.8635 | 22.7325 | 184 | 砖红壤 |
| 上思 | 思阳镇 | 那立村 | 107.9775 | 22.4865 | 175 | 砂壤 |
| 上思 | 叫安镇 | 那布村 | 106.8015 | 22.3394 | 189 | 砂壤 |
| 横县 | 校椅镇 | 旺安村 | 109.2348 | 22.9146 | 77 | 红壤 |
| 横县 | 陶圩镇 | 上塘村 | 109.1255 | 22.8388 | 85 | 砂壤 |
| 田东 | 五加乡 | 大合村 | 106.8335 | 23.562 | 114 | 砂壤 |
| 贵港市 | 三里镇 | 西江农场 | 109.4672 | 23.0594 | 49 | 砂壤 |
| 来宾市 | 凤凰镇 | 凤凰村 | 109.2813 | 23.9319 | 84 | 黄砂壤 |
| 来宾市 | 凤凰镇 | 那屯村 | 109.2847 | 23.9275 | 105 | 黄砂壤 |
| 来宾市 | 合山市 | 思光村 | 108.9052 | 23.8141 | 112 | 砂壤 |
| 岑溪市 | 大隆镇 | 大垌村 | 111.0043 | 22.7689 | 261 | 砂壤 |
| 岑溪市 | 糯垌镇 | 大冲村 | 111.0646 | 23.0438 | 205 | 砖红壤 |
| 岑溪市 | 安平镇 | 成美村 | 111.0924 | 23.1085 | 234 | 红壤 |
| 岑溪市 | 大业镇 | 泗龙村 | 111.1794 | 22.9352 | 214 | 砂壤 |

表2 土壤养分及pH值分级标准

Table 2 Standards for classification of the soil nutrient and pH status

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 级别 | 丰缺 | 有机质（%） | 速效氮（mg/kg） | 速效磷（mg/kg） | 速效钾（mg/kg） | pH等级 | pH值 |
| 一 | 丰富 | >4.00 | >150 | >40 | >200 | 强碱性 | >8.5 |
| 二 | 较丰富 | 3.01-4.00 | 120-150 | 20-40 | 150-200 | 碱性 | 7.5-8.5 |
| 三 | 中等 | 2-3 | 90-120 | 10-20 | 100-150 | 中性 | 6.5-7.5 |
| 四 | 较缺 | 1-2 | 60-90 | 5-10 | 50-100 | 微酸性 | 5.5-6.5 |
| 五 | 缺 | 0.6-1 | 30-60 | 3-5 | 30-50 | 酸性 | 4.5-5.5 |
| 六 | 极缺 | <0.6 | <30 | <3 | <30 | 强酸性 | <4.5 |

表3 土壤微量元素分级标准

Table 3 Standards for classification of the soil trace elements

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 级别 | 丰缺 | 交换钙（mg/kg） | 交换镁（mg/kg） | 有效铜（mg/kg） | 有效锌（mg/kg） | 有效锰（mg/kg） | 有效铁（mg/kg） | 有效硼（mg/kg） | 有效钼（mg/kg） |
| 一 | 丰富 | >1000 | >300 | >1.80 | >3.0 | >30 | >20 | >2 | >0.3 |
| 二 | 中等 | 700-1000 | 200-300 | 1.0-1.8 | 1.0-3.0 | 15-30 | 10-20 | 1.01-2.00 | 0.21-0.3 |
| 三 | 较缺 | 500-700 | 100-200 | 0.2-1.0 | 0.5-1.0 | 5-15 | 4.5-10 | 0.51-1.00 | 0.16-0.2 |
| 四 | 缺 | 300-500 | 50-100 | 0.1-0.2 | 0.3-0.5 | 1-5 | 2.5-4.5 | 0.21-0.50 | 0.11-0.15 |
| 五 | 极缺 | <300 | <50 | <0.1 | <0.3 | <1 | <2.5 | <0.20 | <0.10 |

**2 结果与分析**

**2.1 澳洲坚果园土壤pH与有机质、速效NPK含量状况**

由表4可知，广西澳洲坚果园土壤pH变幅在4.8-5.57，平均为5.31，变异系数为5.13%以偏酸性为主。土壤有机质（SOC）含量变幅在11.25-19.30g/kg，平均为15.57g/kg，变异系数为19.18%，属于中等变异。速效氮（AN）、速效磷（AP）和速效钾（AK）的变幅分别为69.40-129.20 mg/kg 、7.80-39.85 mg/kg 、56.15-104.30 mg/kg，平均分别为87.02 mg/kg、16.88mg/kg、75.84 mg/kg，变异系数为24.79%、53.74%、22.04%，均属于中等变异。研究表明：根据土壤养分及pH值分级标准，澳洲坚果园的土壤的AN、AP、AK含量属于较缺水平，其能被植物吸收利用的有效含量十分有限。

**2.2 澳洲坚果园土壤微量元素有效含量**

土壤交换性Ca、Mg的变幅为781-1679、60.4-143.8mg/kg，平均分别为1261.57 mg/kg、113.51mg/kg，变异系数为18.58%和23.97%，属于中等变异。说明两者在广西主要的澳洲坚果园含量差异并不是很大，在一定程度上说明不存在区域之间分布不均匀。土壤微量元素中有效Fe、Mn、Cu、Zn、B、Mo的变幅为10.02-87.29 mg/kg、0.42-62.27 mg/kg 、0.07-0.28 mg/kg 、0.39-17.37 mg/kg 、0.29-30.14 mg/kg 、0.00-0.05 mg/kg；平均分别为25.28mg/kg、9.51 mg/kg、0.12mg/kg、2.70 mg/kg、4.33 mg/kg、0.02mg/kg；变异系数分别为97.44%、210.04%、56.25%、205.08%、225.34%、82.24%。有效Mn、Zn、B属于强变异，可能是个别区域果园的Mn、Zn、B含量高，也说明澳洲坚果园的Mn、Zn、B的分布极度不均匀。

从当前土壤养分丰缺状况来看，整个区域除了有效Fe、B属于丰富水平外，其他的微量元素处于较缺和极缺水平，说明广西澳洲坚果主产区土壤肥力水平总体较低，已成为制约澳洲坚果产业发展的因素。

表4 广西主要澳洲坚果园土壤养分状况

Table 4 Distribution of soil nutrients in Macadamia orchards of Guangxi

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | pH | 有机质  (g/kg ) | AN**(**mg/kg**)** | AP**(**mg/kg**)** | AK**(**mg/kg**)** | 交换性Ca**(**mg/kg**)** | 交换性**Mg(**mg/kg**)** | Fe**(**mg/kg**)** | Mn**(**mg/kg**)** | Cu**(**mg/kg**)** | Zn**(**mg/kg**)** | B**(**mg/kg**)** | Mo**(**mg/kg**)** |
| 最小值 | 4.8 | 11.25 | 69.40 | 7.80 | 56.15 | 781.00 | 60.40 | 10.02 | 0.42 | 0.07 | 0.39 | 0.29 | 0.00 |
| 最大值 | 5.73 | 19.30 | 129.20 | 39.75 | 104.30 | 1679.00 | 143.80 | 87.29 | 62.27 | 0.28 | 17.37 | 30.14 | 0.05 |
| 均值 | 5.31 | 15.57 | 87.02 | 16.88 | 75.84 | 1261.57 | 113.51 | 25.28 | 9.51 | 0.12 | 2.70 | 4.33 | 0.02 |
| 标准差 | 0.27 | 2.83 | 21.57 | 9.07 | 16.71 | 234.39 | 27.21 | 24.63 | 19.97 | 0.07 | 5.55 | 9.76 | 0.01 |
| 变异系数（%） | 5.13 | 18.19 | 24.79 | 53.74 | 22.04 | 18.58 | 23.97 | 97.44 | 210.04 | 56.25 | 205.08 | 225.34 | 82.24 |

**3 讨论**

果园土壤养分状况可为果园土壤管理和合理施肥提供依据，本研究结果表明，适宜澳洲坚果生长的土壤pH范围为4.5-6.5[6]。广西龙州县、扶绥县、上思县、横县、田东县、贵港市、来宾市、岑溪市8个市县的澳洲坚果产区土壤SOC、AN、AP和AK属于缺少状态，变异性较大，可见澳洲坚果土壤养分分布极不均匀。Ca、Mg是果树生长必需的中量营养元素，土壤如果缺Ca，则植物生长发育受到限制，会使一些作物的品质下降，甚至会发生一些生理病害，严重的会导致死亡，缺Mg会导致叶绿素形成、光合作用和氮素代谢等生理过程中分解加速，降低同化能力[7-8]。本研究中土壤交换性Ca、Mg离子含量差异不大，交换性Ca丰富，而交换性Mg较缺。在元素喷施中，可提高适量的含Mg溶液，可促进果树的生长发育，有利于果实品质的提高[9-10]。

土壤微量元素是植物生长发育的基础，植物对微量元素需求很小，但却是植物体内酶和辅酶维生素以及生长激素的组成成分，与光合作用和碳水化合物的转化、积累密切相关[11-12]。本研究中土壤微量元素Mn、Zn、Cu、Mo缺乏，需提出相应措施解决土壤缺素问题。如澳洲果园应适当补Zn，施ZnSO4.7H2O 30 kg /hm2或喷施5. 0 g /L硫酸锌溶液[13-14]，适时适量增施富含 Zn、Mn 的肥料，能收到良好的增产效果[15]。

广西澳洲坚果园土壤主要为红壤和沙壤土，成土时间短，发育微弱，且土壤常遭受强烈侵蚀，有机质缺乏，土壤肥力低。在施用有机肥的基础上，需要合理施用氮、磷、钾化肥，因地制宜施用微量元素肥料[16]。此外，国内外研究表明，果园生草具有蓄水保墒、培肥地力、调节果园小气候等作用[17-19]。同时，秸秆覆盖也能增加土壤孔隙度，提高田间贮水量和土壤养分含量[20-21]。因此，果园生草和秸秆覆盖也可成为广西区澳洲坚果园重要的土壤培肥措施。

**4 结论**

澳洲坚果土壤的有机质、碱解氮、速效磷和速效钾的平均含量分别为15.57g/kg、87.02 mg/kg、16.88mg/kg和75.84 mg/kg；在土壤分级标准中，属于第四级较缺水平；土壤肥力不能满足优质澳洲坚果生产的需要。广西种植澳洲坚果的土壤以偏酸性为主， pH均值为5.31，适合澳洲坚果生长。土壤交换性Ca、Mg的平均值为1261.57、113.51mg/kg，土壤微量元素中有效Fe、Cu、Mo、Mn、Zn、B的平均含量分别为25.28mg/kg、0.12mg/kg、0.02mg/kg、9.51 mg/kg、2.70 mg/kg、4.33 mg/kg，除了有效Fe、B丰富外，其余元素都属于较缺水平。整个澳洲坚果产区土壤养分含量总体较低，建议今后在澳洲坚果栽培过程中应大力推广科学施肥技术，重视有机肥投入，适当控制化肥用量，推进果园生草和秸秆覆盖技术的广泛应用，以实现广西澳洲坚果园土壤肥力提升和养分均衡供应。

**参考文献**

[1]余贵湘, 卢靖, 陈伟, 等. 澳洲坚果施肥试验[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(3):136－138.

[2]鲍士旦. 土壤农化分析(第三版)[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000:25-237.

[3]杨金凤, 周晓康, 呼丽萍, 等. 邻啡罗啉比色法测定土壤中有效铁的条件优化[J]. 土壤, 2013, 45(04): 718-721.

[4]刘术闫, 钱永德. 龙粳31硅、镁、锌、硼施用效果示范总结[J]. 现代化农业, 2016(06): 17-19.

[5]《中国土壤》全国普查办公室. 中国土壤[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998: 48.

[6]谭秋锦, 陈海生, 王文林, 等. 不同林龄澳洲坚果园凋落物与土壤养分的关系[J]. 热带作物学报, 2016, 37(9): 1706-1707.

[7]黄闽敏, 张强, 王国安, 等. 土壤质地和树龄对早实核桃园土壤交换性钙镁的影响[J].中国农业科技导报, 2017, 19(08): 132-137.

[8]鲁耀, 郑波, 段宗颜, 等. 钙镁比调控对烟叶产量、化学品质及镁吸收的影响[J]. 西北农业学报, 2010, 19(11): 69-74.

[9]罗焜, 潘学军, 甘专, 等. 黔西北地区核桃产量与立地土壤养分的关系[J]. 贵州农业科学, 2012, 40(03): 168-170.

[10]谭秋锦, 王文林, 何铣扬, 等. 土壤养分对澳洲坚果果实品质的影响. 经济林研究, 2017:35(3): 219-223

[11]杨贵川, 陈品文, 吴小平, 等. 配方施肥对葡萄园土壤物理性质及微量元素的影响[J]. 中国南方果树, 2017, 46(03):127-131+134.

[12]Steiger D L, Moore P H, Zee F, et al. Genetic relationships of macadamia cultivars and species revealed by AFLP markers[J]. Euphytica, 2003, 132(3): 269-277.

[13]陶晓秋. 四川西南烟区土壤有效态微量元素含量评价[J].土壤, 2004, 36(4): 438－441,448.

[14]陶晓秋, 夏林, 黄玫. 四川省植烟土壤有效态微量元素含量评价及施肥探讨[J]. 烟草科技, 2003, 196(11): 43-45.

[15]王小兵, 骆永明, 李振高, 等. 长期定位施肥对亚热带丘陵地区红壤旱地质量的影响[J]. 土壤学报, 2011(1): 92-102.

[16]杜建斌. 澳洲坚果山龙眼根发育及磷素生理效应研究[D]. 西南农业大学, 2005.

[17]刘富庭, 张林森, 李雪薇, 等. 生草对渭北旱地苹果园土壤有机碳组分及微生物的影响[J]. 植物营养与肥料报, 2014, 20(2): 355–363.

[18]Palese  A  M,  Vignozzi  N,  Celano  G,  et al.  Influence  of  soil management on soil physical characteristics and water

storage in a mature rainfed olive orchard[J]. Soil and Tillage Research, 2014, 144:96–109.

[19]杜毅飞, 方凯凯, 王志康, 等. 生草果园土壤微生物群落的碳源利用特征[J]. 环境科学, 2015, 36(11): 4260–4267.

[20]高茂盛, 廖允成, 李侠, 黄金辉. 不同覆盖方式对渭北旱作苹果园土壤贮水的影响[J]. 中国农业科学, 2010, 43(10): 2080–2087.

[21]Chen Y X, Wen X X, Sun Y L, et al. Mulching practices altered soil bacterial community structure and improved orchard

 productivity and apple quality after five growing seasons[J]. Scientia Horticulturae,2014, 172: 248–257.

# 小粒咖啡不同海拔土壤肥力现状及变化规律

赵明珠，郭铁英，马关润，萧自位，苏琳琳，吴婷，唐谨，白学慧\*

云南省德宏热带农业科学研究所，云南瑞丽 678600

**摘 要** 全国第二次普查迄今30年，小粒咖啡的种植品种、模式、范围以及耕作方式不断更新交替，土壤肥力也随之变化，为实现土地资源的有效利用并促进咖啡产业的可持续发展，探寻小粒咖啡的土壤肥力现状和变化规律尤为重要。2015-2018年间对小粒咖啡6个主产区采集的大量土壤数据进行分析，研究咖啡地土壤肥力现状，并与第二次普查数据相对比，得出咖啡土壤肥力的变化特征及原因。目前，小粒咖啡土壤pH、有机质、碱解氮、有效磷和速效钾含量分别为5.53、32.68g•kg-1、128.77mg•kg-1、18.01mg•kg-1和138.31mg•kg-1，主要分布范围分别为4.5-5.5、>40g•kg-1、120-150mg•kg-1、10-20mg•kg-1和100-150mg•kg-1。小粒咖啡土壤肥力在不同海拔高度的分布均存在显著差异，pH和碱解氮含量具有随海拔高度增加而降低的趋势，土壤有机质和有效磷含量具有随海拔高度增加而增加的趋势，土壤速效钾含量随海拔高度的增加呈先增加后降低的趋势。与第二次土壤普查相比，目前小粒咖啡土壤呈酸化趋势，有机质、碱解氮和速效钾含量明显降低，而有效磷含量显著提高。宜耕区长期频繁耕作、大量施用化学肥料，小粒咖啡土壤肥力变化显著。建议小粒咖啡主产区应控制磷肥施用量，增施氮肥，配施钾肥，提高生物炭肥的施用比例，推进咖啡秸秆、果皮还田的力度，加快小粒咖啡土壤肥力的提高并达到养分供需平衡。

**关键词** 小粒咖啡；土壤肥力；海拔

**Status Quo and Variation of Soil Fertility in Different Altitude of C.arabic**

ZHAO Ming-zhu,GUOTie-ying,MA Guan-run,XIAO Zi-wei,SU Lin-lin,WU Ting,TANG Jin,BAI Xuehui

Dehong Tropical Agriculture Sciences Institute of Yunnan Province, Ruili, Yunnan 678600, China

**Abstract**  It is thirty years since the second national survey ended,C.arabic soil fertility has changed constantly due to the cultivar,patterns,ranges and tillage way.It is especially important to seek out the soil fertility of C.arabic in order to realize the effective utilization of land resources and promote the sustainable development of the coffee industry.The status of C.arabic soil fertility was analyzed by massive data of soil sampled in six main producing regions of C.arabic in Yunnan Province during 2015-2018,compared with the date obtained during the second national soil survey to explore laws and causes of the variation of C.arabic soil fertility. Presently,the C.arabic soils in Yunnan Province were 4.5-5.5 in pH or 5.53 on average,>40g•kg-1 or 32.68g•kg-1 on average in organic matter,120-150mg•kg-1 or 128.77mg•kg-1 on average in alkalystic N,10-20mg•kg-1 or 18.01mg•kg-1 on average in available P,and 100-150mg•kg-1 or138.31mg·kg-1 on average in available K.The soil fertility has significant difference in different altitudes in C.arabic areas, pH and the content of alkalystic N decreased,the content of soil organic matter and available P increased,and the content of available K increased first and then decreased with the increase of altitude.Compared with results from the second national soil survey,the soil pH ,the content of organic matter ,alkalystic N and available K decreased while available P increased significantly.The soil fertility of C.arabic varied significantly due to Long-term frequent tillage and large application of chemical fertilizers in suitable areas.It is suggested that should control the application amount of phosphate fertilizer, increase the application of nitrogen fertilizer and potassium fertilizer, improve the application proportion of biochar fertilizer in the main production areas of C.arabic, promote the returning of coffee straw and peel to the field, accelerate the improvement of C.arabic soil fertility and achieve the balance of supply and demand for nutrient.

**Key words** C.arabic;soil fertility;altitude

土壤肥力状况制约着每个农业作物的安全可持续发展，通过利用土壤肥力的变化规律可为土壤资源和合理施肥提供有效的科学依据。我国土壤的肥力变化直接影响作物的生产、生态环境、粮食安全以及人类的健康可持续发展等问题，重视我国土壤的物理、化学和生物等性状，利于土壤资源的可持续研究[1]。作为世界三大饮料作物的咖啡，在中国的新兴特色农业中，扮演着举足轻重的地位。随着时代的演替、年日的不断更新，土壤肥力随着土地的利用方式、施肥水平和管理措施不断发生变化，不同的海拔、土壤类型、气候和生物等因素，致使同一地区不同的区域土壤肥力状况存在较大差异。随着我国劳动力不断向城市转移，农村的剩余劳动力较为稀缺，咖啡的种植、采摘过程以及后期的加工处理都亟需劳动力。海拔包含气温、降水、光照等环境因子的显著变化，是研究咖啡环境适应性的理想区域[2]。通过了解咖啡地的土壤肥力现状、变化规律及不同海拔间的差异，对研究利用土壤的生产潜力、科学合理施肥以及精准农业的可持续发展、咖啡的高产优质高效发展具有积极意义。我国从20世纪30年代就开始在全国进行两次全国普查，但与上次土壤普查已有30年之隔，焉莉等[3]在2015年的研究指出，与全国第二次土壤普查结果相比，吉林省农田土壤有机质含量明显下降，碱解氮和有效磷含量大幅提高，速效钾含量略有降低。单燕等[4]研究指出2015年陕西省玉米地的氮肥、磷肥和钾肥施用量分别比20世纪80年代提高了114%、500%和1300%。目前海拔与土壤肥力的相关性研究已有诸多报道，取得丰富成果：地形、植被结构、温度、水分和光照等环境因子随着海拔的上升表现出一定的规律性[5-8]，但由于研究的作物、区域差异，所得出的结论也不尽相同。云南省的普洱、临沧、德宏、保山、文山和怒江作为小粒咖啡的主产区，每个产区的海拔不一，随之的土壤肥力也各不相同。随着近年来我国对咖啡行业的不断重视，小粒咖啡的种植面积和产量不断上升，化肥施用量也随之升高，有机肥摄入量却不断萎缩，导致土壤理化性质不断发生改变，土壤质量降低。为探究海拔变化对小粒咖啡土壤肥力的影响、科学指导农户合理施用肥料，促进土壤的养分平衡、资源的有效利用和农业可持续发展，本研究采集大量的咖啡土壤信息并进行数据分析，以期了解云南小粒咖啡地土壤质量现状。本文通过2015年-2017年684个云南咖啡地土壤样品的测定、数据分析统计，明确云南省小粒咖啡土壤肥力现状，并与全国第二次土壤普查的结果进行比较，得出土壤肥力的变化规律，探讨肥力变化的可能因素，为咖啡地合理施肥、促进土壤养分平衡提供一定的理论依据。

**1 材料与方法**

**1.1 研究区概况**

云南省西南部的普洱、临沧、怒江，西部的德宏、保山以及东南部的文山都属于云南的热区，同时是生产小粒咖啡的黄金地带，拥有着得天独厚的自然条件优势：位于北纬21-25°的亚热带气候，年均气温15-25℃，海拔500-2000m(高海拔促进咖啡优良品质的形成)，年平均降雨量丰沛700-1800m，雨热同期，日照充足(促进咖啡生长)，昼夜温差大(15-20℃，利于咖啡养分积累)，干湿分明(利于咖啡采收)，基本全年无霜(咖啡为喜热作物，不耐寒)，成为孕育优质咖啡的温床。普洱、临沧、德宏和保山并称云南小粒咖啡的四大核心主产区。截至目前，云南全省的小粒咖啡种植面积达11.8万hm2，年产量13.9万t。根据小粒咖啡主产区每个采样点的海拔高度，划分为3个海拔梯度，分别为低海拔(500-1000m)地区、中海拔(1000-1500m)地区和高海拔(>1500m)地区。

**1.2土样采集与分析**

2015-2017年间在云南省小粒咖啡主产区的普洱、临沧、德宏、保山、文山和怒江地区，根据测土配方施肥技术规程[9]采集分析684份土壤样品，土样分布详细情况如表1所示。土壤样品的测定内容：土壤pH、有机质、碱解氮、有效磷和速效钾含量，分别采用2.5：1水土比，pH计测定土壤pH；重铬酸钾容量法——外加热法测定土壤有机质(OM)；1.0mol·L-1NaOH碱解扩散法测定土壤碱解氮(AN)；0.03 mol·L-1 NH4F－0.025 mol·L-1 HCl浸提——比色法测定土壤有效磷(AP)；1.0 mol·L-1 NH4OAc浸提——火焰光度法测定土壤速效钾(AK)[10]。

表1 云南省小粒咖啡不同海拔土壤采样点分布

Table 1 Distribution of C.arabic soil soil samples in different altitude areas in Yunnan Province

**1.3数据统计与分析**

采用 Excel 2016和SPSS 13.0进行数据整理、统计和分析。本文中的土壤养分分级标准按照全国第二次土壤普查[11]时指定的标准，利于二者间的分析比较。

**2 结果**

**2.1 土壤pH**

土壤pH是评价土壤质量高低的重要指标之一，其大小制约土壤养分的含量及其有效性，从而影响到土壤的肥力形成[12]。目前，云南省小粒咖啡主产区的土壤pH范围4.21-8.11(表2)，呈正态分布（图1-A），平均值5.53，变异系数13.75%，较低。pH强酸(＜4.5),酸性(4.5-5.5),微酸(5.5-6.5),中性(6.5-7.5),碱性(7.5-8.5)和强碱(＞8.5)的分布频率分别为：2.19%、55.12%、31.14%、9.65%、1.90%和0.00%。小粒咖啡主产区的三个海拔高度的土壤pH(表2)500-1000m地区＞1000-1500m地区＞1500m以上地区，三者间存在显著差异，表现为土壤pH随着海拔的升高逐渐降低的趋势。

根据图1-a可知近30年来，云南咖啡主产区的土壤不断趋向酸性(二次普查时的变幅3.8-6.4，平均值6.22)，pH强酸(＜4.5)、酸性(4.5-5.5)和中性(6.5-7.5)的分布频率分别约为全国第二次土壤普查的2.8、1.4和1.4倍，分别增加1.41%、16.13%和2.86%,，而微酸(5.5-6.5)和碱性(7.5-8.5)的分布频率分别减少13.77%和6.63%。

海拔500-1000m地区（图1-B）土壤主要呈微酸性和中性，pH平均值6.36，分布频率主要集中在5.5-6.5和6.6-7.5，分别占36.73%和35.71%。根据图1-b可知，近30年来云南咖啡海拔500-1000m地区的土壤出现酸化趋势(二次普查时的变幅5-8，平均值6.75),土壤pH强酸(＜4.5)、酸性(4.5-5.5)、微酸(5.5-6.5)和中性(6.5-7.5)的分布频率分别为全国第二次普查时的∞倍、3.2倍、1.1倍和1.4倍，分别增加1.02%、14.07%、3.64%和9.66%，而碱性(7.5-8.5)的分布频率减少28.38%。

海拔1000-1500m地区（图1-C）土壤主要呈酸性，pH平均值5.41，分布频率主要集中在4.5-5.5，所占分布频率为58.55%。根据图1-c可知，近30年来云南咖啡海拔1000-1500m地区的土壤出现酸化趋势(二次普查时的变幅4.9-6.9，平均值6.08)，pH强酸(＜4.5)、酸性(4.5-5.5)、中性(6.5-7.5)和弱碱(7.5-8.5)分别为全国第二次普查时的∞倍、1.1倍、7.1倍和∞倍，频率分别增加2.36%、7.35%、4.84%和1.27%，微酸性(5.5-6.5)的分布频率减少15.83%。

海拔＞1500m地区（图1-D）土壤大部分都呈酸性，pH平均值5.02，分布频率集中在4.5-5.5，占97.22%。根据图1-d可知，近30年来云南咖啡海拔>1500m地区的土壤出现酸化趋势(二次普查时的变幅3.8-6.4，平均值5.82)，pH强酸(＜4.5)和酸(4.5-5.5)为全国第二次普查时的1.1倍和2.0倍，分布频率分别增加0.28%和49.58%，微酸(5.5-6.5)的分布频率减少49.86%。

相较于第二次普查结果土壤pH平均值6.22，变幅4.90-8.00，目前云南咖啡主产区的土壤酸碱度显著降低，部分地区差异较大，但整体间无极显著差异。

表2 云南省小粒咖啡不同海拔土壤养分含量的描述性统计

Table 2 Descriptive statistics of nutrients contents in C.arabic soils in different altitude areas of Yunnan Province





图1小粒咖啡不同海拔土壤pH的分布情况

Fig.1 Distribution of pH in C.arabic soils in different altitude regions in Yunnan Province

**2.2 土壤的有机质含量**

有机质作为衡量土壤肥力高低的关键因素之一，其含量高低影响土壤的质量，同时制约着作物的生长发育。目前云南咖啡主产区的土壤有机质含量4.32-79.63g·kg-1(表2)，正态分布(图2-A)，平均含量32.68g·kg-1(丰富水平)，变异系数51.30%，为中等变异。云南咖啡主产区的土壤有机质含量极缺(＜6g·kg-1)、很缺(6-10g·kg-1)、缺乏(10-20g·kg-1)、中等(20-30g·kg-1)、丰富(30-40g·kg-1) 和很丰富水平(＞40g·kg-1)水平的分布频率分别为0.58%、3.95%、25.15%、21.93%、14.91%和33.48%，三个海拔范围内的有机质含量1500m以上地区＞1000-1500m地区＞500-1000m地区，三者间存在显著差异，随着海拔的升高有机质含量逐渐升高。

根据图2-a可知近30年来，云南咖啡主产区的土壤有机质含量不断减少，极缺(＜6g·kg-1)、很缺(6-10g·kg-1)、缺乏(10-20g·kg-1)和丰富(30-40g·kg-1)水平分别约为全国第二次普查时的∞倍、∞倍、72.2倍和1.5倍，分布频率分别增加0.58%，3.95%、24.80%和4.90%，而中等(20-30g·kg-1)和很丰富水平(＞40g·kg-1)的分布频率分别减少8.10%和26.14%。

海拔500-1000m地区（图2-B）土壤有机质平均含量28.47g·kg-1，分布频率主要集中在20-30g·kg-1(中等)，占35.71%。根据图2-b可知，近30年来云南咖啡海拔500-1000m地区的土壤出现有机质减少趋势(二次普查时的变幅22.6-57.7g·kg-1，平均值39.06g·kg-1)，有机质含量很缺(6-10g·kg-1)和缺乏(10-20g·kg-1)水平均为全国第二次普查时的∞倍，分布频率增加5.10%和27.55%，而中等(20-30)、丰富(30-40)和很丰富(＞40)水平的分布频率分别减少20.27%、4.19%和8.18%。

海拔1000-1500m地区（图2-C）土壤有机质平均含量32.96g·kg-1，分布频率主要集中在>40g·kg-1（很丰富），占34.73%。根据图2-c可知，近30年来云南咖啡海拔1000-1500m地区的土壤有机质存在减少趋势(二次普查时的变幅18.3-42.6g·kg-1，平均值35.76g·kg-1)，极缺(＜6g·kg-1)、很缺(6-10g·kg-1)、缺乏(10-20g·kg-1)和丰富(30-40g·kg-1)水平分别约为全国第二次普查时的∞倍、∞倍、32.1倍和1.4倍，分布频率分别增加0.73%、4.00%、24.66%和4.18%，而中等(20-30g·kg-1)和很丰富(＞40g·kg-1) 水平的分布频率分别减少16.90%和16.66%。

海拔＞1500m地区（图2-D）土壤有机质平均含量39.94g·kg-1，分布频率集中在>40g·kg-1（很丰富），占44.44%。根据图2-d可知，近30年来云南咖啡海拔>1500m地区的土壤有机质含量不断较少(二次普查时的变幅31.7-273.3g·kg-1，平均值76.7g·kg-1)，缺乏(10-20g·kg-1)、中等(20-30g·kg-1)和丰富(30-40g·kg-1)水平分别约为全国第二次普查时的∞倍、∞倍和4.6倍，分布频率分别增加13.89%、13.89%和21.68%，而很丰富(＞40g·kg-1)水平的分布频率减少49.46%。

相较于第二次普查结果土壤有机质平均含量50.51g·kg-1，变幅18.30-273.30g·kg-1，目前云南咖啡主产区的有机质含量显著偏低，部分地区差异较大，但整体间无极显著差异。由图2可知近30年来云南咖啡主产区出现高海拔地区有机质含量丰富、中和中低海拔中等水平。

图2小粒咖啡不同海拔土壤有机质含量的分布情况

Fig.2 Distribution of organic matter content in C.arabic soils in different altitude regions in Yunnan Province

**2.3 土壤的碱解氮含量**

土壤碱解氮含量作为农业活动中衡量氮肥施用量的主要指标，其高低反映出土壤的短期供氮能力以及作物的养分吸收状况。云南咖啡主产区的土壤碱解氮含量9.90-286.62mg·kg-1，正态分布(图3-A)，平均128.77mg·kg-1（丰富水平），变异系数34.15%，为中等变异(表2)。云南咖啡主产区的土壤碱解氮，极缺(＜30mg·kg-1)、很缺(30-60mg·kg-1)、缺乏(60-90mg·kg-1)、中等(90-120mg·kg-1)、丰富(120-150mg·kg-1)和很丰富(＞150mg·kg-1)水平的分布频率分别为2.19%、2.19%、13.45%、23.39%、29.68%和29.09%，三个海拔范围内的碱解氮含量500-1000m地区≈1000-1500m地区＞1500m以上地区，三者间存在显著差异，随着海拔的升高碱解氮含量逐渐降低。1000-1500m地区的碱解氮变幅最大9.90-286.62g·kg-1，与整个产区的变幅一致，说明集中于该地区。

根据图3-a可知近30年来，云南咖啡主产区的土壤碱解氮含量不断减少，极缺(＜30mg·kg-1),很缺(30-60mg·kg-1),缺乏(60-90mg·kg-1)、中等(90-120mg·kg-1)和丰富(120-150mg·kg-1)水平的分布频率分别为二普时的∞倍、2.5倍、4.0倍、2.3倍和1.1倍，分别增加2.19%、1.32%、10.06%、13.12%和2.35%，而很丰富(＞150mg·kg-1)水平的分布频率减少29.04%。

海拔500-1000m地区（图3-B）土壤碱解氮平均含量129.98mg·kg-1，分布频率主要集中在90-120mg·kg-1（中等水平），占35.71%。根据图3-b可知，近30年来云南咖啡海拔500-1000m地区的土壤碱解氮不断趋于丰富水平(二次普查时的变幅35-206mg·kg-1，平均142.00mg·kg-1，碱解氮含量缺乏(60-90mg·kg-1)和丰富(120-150mg·kg-1)水平的分布频率分别约为全国第二次普查时的1.2倍和3.9倍，分别增加1.96%和18.15%，而很缺(30-60mg·kg-1)、中等(90-120mg·kg-1)和很丰富(>150mg·kg-1)水平的分布频率分别减少3.52%、5.84%和10.76%。

海拔1000-1500m地区（图3-C）土壤碱解氮平均含量128.98mg·kg-1，分布频率主要集中在120-150mg·kg-1(丰富水平)和＞150mg·kg-1(很丰富水平)，分别占29.82%和30.18%。根据图3-c可知，近30年来云南咖啡海拔1000-1500m地区的土壤碱解氮存在减少趋势(二次普查时的变幅74-177mg·kg-1，平均值142.64mg·kg-1)，极缺(＜30mg·kg-1)、很缺(30-60mg·kg-1)、缺乏(60-90mg·kg-1)和中等(90-120mg·kg-1)水平的分布频率分别约为全国第二次普查时的∞倍、∞倍、16.5倍和∞倍，分分别增加2.73%、2.55%、12.30%和21.64%，而丰富(120-150mg·kg-1)和很丰富(＞150mg·kg-1)的分布频率分别减少14.23%和24.98%。

海拔＞1500m地区（图3-D）土壤碱解氮平均含量123.41mg·kg-1，分布频率集中在120-150mg·kg-1(丰富水平)，占41.67%。根据图3-d可知，近30年来云南咖啡海拔>1500m地区的土壤碱解氮含量不断较少(二次普查时的变幅127-397mg·kg-1，平均值195.13mg·kg-1)，很缺(30-60mg·kg-1)、缺乏(60-90mg·kg-1)、中等(90-120)和丰富(120-150mg·kg-1)水平的分布频率分别约为全国第二次普查时的∞倍、∞倍、∞倍和2.0倍，分别增加2.78%、16.67%、16.67%和21.17%，而很丰富(＞150mg·kg-1)水平的分布频率减少57.28%。

相较于第二次普查结果土壤碱解氮平均含量159.92mg·kg-1，变幅35.00-397.00mg·kg-1，目前云南咖啡主产区的碱解氮含量普遍降低，不同海拔地区差异显著，但整体间无极显著差异。由图3可知近30年来云南咖啡主产区出现三个海拔地区碱解氮含量均为丰富水平。

图3小粒咖啡不同海拔土壤碱解氮含量的分布情况

Fig.3 Distribution of alkalystic N content in C.arabic soils in different altitude regions in Yunnan Province

**2.4 土壤的有效磷含量**

土壤有效磷能定量反映土壤对作物的当季供磷能力高低，对指导科学施肥具有积极意义。云南咖啡主产区的土壤有效磷含量0.49-92.06mg·kg-1，正态分布(图4-A)，平均18.01mg·kg-1，变异系数97.20%，是咖啡土壤肥力中变异系数最高的指标(表2)。云南咖啡主产区的土壤有效磷含量极缺(＜3mg·kg-1)，很缺(3-5mg·kg-1),缺乏(5-10mg·kg-1),中等(10-20mg·kg-1),丰富(20-40mg·kg-1)和很丰富(＞40mg·kg-1)的分布频率分别为14.33%、10.53%、15.94%、29.82%、18.71%和10.67%，三个海拔范围内的有效磷含量：1500m以上地区＞1000-1500m地区＞500-1000m地区，三者间存在显著差异，随着海拔的升高有效磷含量逐渐升高。1000-1500m地区的有效磷变幅最大0.49-92.06mg·kg-1，与整个产区的变幅一致，说明集中于该地区。

根据图4-a可知近30年来，云南咖啡主产区的土壤有效磷含量两极分化严重，极缺(＜3mg·kg-1)水平为全国第二次普查时的∞倍，分布频率增加14.33%；中等(10-20mg·kg-1)和很丰富(>40mg·kg-1)水平分别约为全国第二次普查时的1.0倍和4.4倍，分布频率分别增加0.41%和8.24%，很缺(3-5)、缺乏(5-10)和丰富(20-40mg·kg-1)水平的分布频率分别减少7.32%、13.39和2.26%。

海拔500-1000m地区（图4-B）土壤有效磷平均含量11.32mg·kg-1，分布频率主要集中在20-40g·kg-1(丰富水平)，占25.51%。根据图4-b可知，近30年来云南咖啡海拔500-1000m地区的土壤除11.22%存在磷素极缺状态，其余地区整体的土壤磷素含量存在增加趋势(二次普查时的变幅3.5-29.00mg·kg-1，平均值11.11mg·kg-1)，中等(10-20mg·kg-1)、丰富(20-40mg·kg-1)和很丰富(＞40mg·kg-1)水平的分布频率分别为全国第二次普查时的4.2倍、2.6倍和∞倍，分别增加17.84%、15.65%和12.24%，而很缺(3-5mg·kg-1)和缺乏(5-10mg·kg-1)水平的分布频率分别减少11.87%和45.08%。

海拔1000-1500m地区（图4-C）土壤有效磷平均含量18.51g·kg-1，分布频率主要集中在10-20mg·kg-1(中等水平)，占30.36%。根据图4-c可知，近30年来云南咖啡海拔1000-1500m地区的土壤除13.39%存在磷很缺状态，其余呈现增加趋势(二次普查时的变幅2-18mg·kg-1，平均值9.86mg·kg-1)，丰富(20-40mg·kg-1)和很丰富(＞40mg·kg-1)水平的分布频率均为全国第二次普查时的∞倍，分别增加18.55%和10.91%，而很缺(3-5mg·kg-1)、缺乏(5-10mg·kg-1)和中等(10-20mg·kg-1)的分布频率分别减少25.58%、3.58%和13.68%。

海拔＞1500m地区（图4-D）土壤有效磷平均含量21.28mg·kg-1，分布频率集中在10-20mg·kg-1(中等水平)，占38.89%。根据图4-d可知，近30年来云南咖啡海拔>1500m地区的土壤除1/4地区存在磷素很缺乏现象，其余均呈现增加趋势(二次普查时的变幅4-27mg·kg-1，平均值8.81mg·kg-1)，中等(10-20mg·kg-1)、丰富(20-40mg·kg-1)和很丰富(＞40mg·kg-1)水平的分布频率分别为全国第二次普查时的2.5倍、3.3倍和∞倍，分别增加23.10%、1.95%和2.78%，而很缺(3-5mg·kg-1)和缺乏(5-10mg·kg-1)水平的分布频率分别减少39.01%和13.81%。

相较于第二次普查结果土壤有效磷平均含量9.93g·kg-1，变幅2.00-29.00g·kg-1，目前云南咖啡主产区的有效磷含量普遍升高，不同海拔地区差异显著。由图4可知近30年来云南咖啡主产区出现高海拔地区有效磷含量为丰富水平、中高和中海拔为中等水平，随着海拔升高有效磷含量不断增加的趋势。

图4小粒咖啡不同海拔土壤有效磷含量的分布情况

Fig.4 Distribution of available P content in C.arabic soils in different altitude regions in Yunnan Province

**2.5 土壤的速效钾含量**

土壤的速效钾含量作为评价土壤对作物的当季供钾能力高低的重要指标，对指导农业生产活动中合理施用钾肥具有重要意义。云南咖啡主产区的土壤速效钾含量43.34-317.49mg·kg-1，正态分布(图5-A)，平均138.31mg·kg-1，变异系数28.94%，为较低变异(表2)。云南咖啡主产区的土壤速效钾含量极缺(＜30 mg·kg-1)，很缺(30-50 mg·kg-1)，缺乏(50-100 mg·kg-1)，中等(100-150 mg·kg-1)，丰富(150-200 mg·kg-1)和很丰富(＞200mg·kg-1)的分布频率分别为0.00%、0.29%、17.54%、46.49%、30.12%和5.56%，三个海拔范围内的速效钾含量：1000-1500m地区＞1500m以上地区＞500-1000m地区，三者间存在显著差异，随着海拔的升高速效钾含量先升高后降低。1000-1500m地区的速效钾变幅最大43.34-317.49

mg·kg-1，与整个产区的变幅一致，说明集中于该地区。

根据图5-a可知近30年来，云南咖啡主产区的土壤速效钾含量不断趋于缺乏水平，很缺(30-50 mg·kg-1)的分布频率比全国第二次普查时减少2.84%；缺乏(50-100mg·kg-1)和中等(100-150mg·kg-1)水平的分布频率分别约为全国第二次普查时的50.4倍和4.4倍，分别增加17.20%和35.87%；而丰富(150-200mg·kg-1)和很丰富水平(＞200)的分布频率分别减少32.11%和18.12%。

海拔500-1000m地区（图5-B）土壤速效钾平均含量129.64mg·kg-1，分布频率主要集中在100-150mg·kg-1(中等水平)，占43.88%。根据图5-b可知，近30年来云南咖啡海拔500-1000m地区的土壤出现速效钾含量趋于中等水平(二次普查时的变幅101-179mg·kg-1，平均含量146.21mg·kg-1)，缺乏(50-100g·kg-1)、中等(100-150mg·kg-1)和很丰富(＞200mg·kg-1)水平的分布频率分别为全国第二次普查时的∞倍、1.2倍和∞倍，分别增加25.51%、8.67%和3.06%，而丰富(150-200mg·kg-1)水平的分布频率减少37.24%。

海拔1000-1500m地区（图5-C）土壤速效钾平均含量140.30mg·kg-1，分布频率主要集中在100-150mg·kg-1(中等水平)，占46.36%。根据图5-c可知，近30年来云南咖啡海拔1000-1500m地区的土壤速效钾不断趋向中等水平(二次普查时的变幅35-236mg·kg-1，平均含量141.57mg·kg-1)，缺乏(50-100mg·kg-1)和中等(100-150mg·kg-1)水平的分布频率分别约为全国第二次普查时的20.4倍和12.3倍，分别增加15.39%和42.59%，很缺(30-50mg·kg-1)、丰富(150-200mg·kg-1)和很丰富(＞200mg·kg-1)的分布频率分别减少6.78%、6.18%和45.03%。

海拔＞1500m地区（图2-D）土壤速效钾平均含量131.53mg·kg-1，分布频率集中在100-150g·kg-1(中等水平)，占55.56%。根据图2-d可知，近30年来云南咖啡海拔>1500m地区的土壤速效钾含量不断趋于中等水平(二次普查时的变幅117-300mg·kg-1，平均含量182.00mg·kg-1)，缺乏(50-100mg·kg-1)和中等(100-150mg·kg-1)水平的分布频率分别约为全国第二次普查时的∞倍和66.9倍，分布频率分别增加16.66%和54.72%，而丰富(150-200mg·kg-1)很丰富(＞200mg·kg-1)水平的分布频率减少67.79%和3.60%。

相较于第二次普查结果土壤速效钾平均含量156.59mg·kg-1，变幅35.00-300.00mg·kg-1，目前云南咖啡主产区的速效钾含量普遍减少。由图4可知近30年来云南咖啡主产区出现中等海拔地区速效钾含量为丰富水平、低海拔和高海拔为中等水平，随着海拔升高速效钾含量呈先增加后减少的趋势，不同海拔地区差异显著。

图5小粒咖啡不同海拔土壤有效磷含量的分布情况

Fig.5 Distribution of available K content in C.arabic soils in different altitude regions in Yunnan Province

**3 讨论**

小粒咖啡主产区的土壤肥力状况具有明显的海拔差异性。成土母质、地形地貌和生产活动等不同的生态环境显著影响着土壤的肥力特性[3]。

海拔500-1000m地区，小粒咖啡主产区的土壤多为黄土、赤土和红灰泥土，位于低山河谷缓坡地段和石灰岩丘陵地区。该区域土壤土体深厚，质地砂黏适中，土体中含有石英颗粒，砂粒较多，有机质含量降低，土壤中的碳酸钙含量增多，土壤碱性增强，阻碍磷活化，易固定为磷酸钙等盐形式，从而降低有效磷含量[3]。

海拔1000-1500m地区，小粒咖啡主产区的土壤以赤土、黄棕土为主，多为山地、河谷阶地和缓坡丘陵地段，该区域光热资源丰富、温湿度适宜，降雨量充足，光温生产潜力强[13]，土壤偏酸性，保水保肥能力较强，土体熟化程度较高，是小粒咖啡的主要生产地段。海拔1500m以上地区，土壤大多数为黄红壤，质地偏黏，多为中山中下部及山麓平缓地段。该区域多为新开垦的林地，耕作时间短，土壤有机质含量较为丰富，酸性强。高海拔地区的光热条件好，降雨量和光照资源较为丰富，气温较低，漫射光增多，咖啡生长期长[14-15]，利于氮素代谢，形成较多蛋白质和氨基酸等含氮化合物，高海拔昼夜温差大，利于氮磷物质的代谢，内循环加快，从而促进咖啡树生长，白天光合作用旺盛，利于积累有机物质，而夜间温度低呼吸作用消耗少，水浸出物含量高，咖啡杯品厚度佳。长波光被云雾阻挡反射，短波光穿透力强，促进咖啡中的生物碱和酚性物质合成[16-17]，因此高海拔地区的咖啡内含物质丰富，成为生产精品咖啡的黄金地带。

小气候因子和品质性状在不同海拔高度的变异存在很大差异，海拔每升高100 m,空气和土壤年均温分别下降0.6和0.5℃,≥10℃年积温分别减少205.3和171.7℃[18]。海拔2 000 m以内的高山，海拔每升高100 m，降水量增加36.3 mm，年平均相对湿度增加3.85%，日光照强度曲线呈一个开口向下的抛物线变化趋势,峰值出现在12:00，土壤0-20cm土层温度与气温变化一致，随海拔高度的增加逐渐下降[16]。

海拔主要影响光温生产潜力，海拔每高出平均海拔 100 m，光温生产潜力就会下降 147.9，影响系数为1.479[13]，随着海拔升高，作物产量逐渐下降[19]。与此同时，高海拔地区，咖啡锈病、炭疽病、褐斑病、枯枝病等的发病率增加[20]，从而影响咖啡的最终产量与品质，抗锈等抗病品种选育及其适应性的选择势在必行。

土壤酸碱度不仅影响土壤中的微生物活性，而且制约着土壤养分的形成、转化、吸收与利用，成为判别土壤肥力高低的主要指标之一[21]。20年内，我国土壤pH下降0.5个单位，主要原因是长期过量施用氮肥[22]。咖啡主产区的pH值由全国第二次普查时的6.22降低到5.53，降幅11.09%。中海拔地区比低海拔地区pH降低0.95，降幅14.33%；高海拔地区比中海拔地区pH降低0.39，降幅7.21%。随着海拔高度的增加，土壤pH降低，降幅呈不断减小趋势。小粒咖啡最适宜种植的土壤pH为5.5-6.5(微酸性)，云南咖啡主产区仍有57.31%的土壤酸性过强，11.55%的土壤碱性过强。与全国第二次普查39.77%土壤过酸，15.32%土壤过碱相比，目前的过酸性土壤的比率增加17.54%，碱性降低3.77%。小粒咖啡低海拔（500-1000m）地区，21.43%的土壤过酸，比二普时增加15.09%；41.84%的土壤过碱，比二普时减少18.73%。该地区生产活动较为频繁，化肥农药使用量大，气候相对干旱，土壤多数为石灰岩土、紫色土和新积土，保水保肥能力低，土壤沙化盐碱化程度相对高，碱性强。中海拔（1000-1500m）地区，60.91%的土壤过酸，比二普时增加9.72%；6.91%的土壤过碱，比二普时增加6.12%。该地区土壤基本都为赤红壤，土壤保水保肥能力中等，酸性较强。高海拔(>1500m)地区，100%的土壤过酸，比二普时增加49.86%。该区域土壤大多数为黄壤，粘性强，土壤保水保肥能力强，但通透性差，酸性强。导致土壤酸化的主要原因是长期施用过量的氮肥[22]，仅小部分被咖啡吸收利用，大部分氮被硝化产生酸，土壤中的盐基阳离子移除而酸性阴离子不断积累[23],在稳态生态系统中，叶片的光合作用促使土壤中的过量碱性物质被作物根系吸收，同时被有机阴离子固定[24]。小粒咖啡主产区的土壤酸化现象在高海拔地区比较显著，土壤酸化频率最大，土壤过酸会影响咖啡对土壤养分的吸收与利用，阻碍根系生长，病菌等有害微生物滋生，增加咖啡锈病、立枯病等的发病率，土壤中阳离子流失量增加，影响肥料的吸收利用率，凋落物归还部分碱性物质，而大量咖啡收获加速土壤矿物风化并过度消耗碱性矿物养分库，最终导致土壤pH不断降低[25]，从而制约咖啡的劳动生产，也不利于农林生态环境的可持续发展。长期耕作及不同小气候影响土壤的基本理化性状,农林耕作及高海拔有利于耕地脱盐,因此可结合当地小气候特点进行相应的养分优化管理和种植调整[26]，采用咖啡与橡胶、龙眼、牛油果、西番莲的复合种植模式，充分利用作物的空间分布特征，不仅增加农民收入，同时提高土壤肥力和土地利用率。

土壤有机质是组成土壤肥力的重要指标，是肥力形成的实质，同时影响并制约着土壤的理化性质[5].小粒咖啡主产区的土壤有机质含量由全国第二次普查时的50.51g·kg-1，减少到目前的32.68g·kg-1，降幅35.30%。中海拔地区比低海拔地区有机质含量增加4.49g·kg-1，增幅15.77%；高海拔地区比中海拔地区有机质含量增加6.98g·kg-1，增幅21.18%。随着海拔高度的增加，土壤有机质增加，增幅呈不断增大趋势。29.68%的地区存在土壤有机质缺乏（＜20g·kg-1）现象，比全国第二普时增加29.33%。低海拔（500-1000m）地区32.65%土壤有机质缺乏，比全国第二普时增加32.65%。中海拔（1000-1500m）地区，30.18%的土壤有机质缺乏，比全国第二普时增加29.39%。高海拔(>1500m)地区，13.89%的土壤有机质缺乏，比全国第二普时增加13.89%。随着海拔高度的增加，土壤有机质呈增加趋势，但增幅度不断减小。自全国第二次普查以来，云南热区的耕地面积不断减少，优质耕地盐碱化、沙化或占用，土壤肥力差的土地被开垦为耕地，致使整体咖啡产区的耕地质量不断下降，重化肥轻有机肥也是关键因素之一。海拔升高改变了微生物群落结构[5]，土壤有机质含量随海拔高度升高而升高[27-28]，高海拔地区的土壤活性有机碳含量和分配比例较高，活性有机碳趋向分布于土壤大团聚体(显著负相关（P〈0.05）)，年均温与土壤非保护性有机碳向保护性有机碳的转化速率常数（K）接近于显著负相关（P=0.062）[29]，与本研究的随着海拔高度的增加土壤质地粘性不断增强、年均温降低，而有机质含量不断增加一致。气温同时影响土壤微生物的活性，高海拔地区温度稍低，抑制微生物活性，低海拔微生物活性突出，土壤肥力高[30]，与本研究结果不一致，估计与不同作物的生态环境、适宜的海拔高度以及气候因子不同有关。海拔地区因森林覆盖率较高，常年落叶的不断堆积，形成较为丰富的有机质，受人为因素影响小。低海拔地区有机质缺乏现象突出，与密集的生产活动、重化肥轻有机肥的生产方式密切相关。咖啡叶/枝干还田[ 31-32]、基质、滴灌（水肥一体）等方式能有效提高咖啡土壤的有机质含量。

土壤碱解氮是氮肥转化成作物可吸收利用的主要形式，其含量高低表征氮肥的丰缺和利用率状况。小粒咖啡主产区的土壤碱解氮含量由30年前的159.92mg·kg-1，减少到目前的128.77mg·kg-1，降幅19.48%。中海拔地区比低海拔地区土壤碱解氮含量减少1mg·kg-1，降幅0.77%；高海拔地区比中海拔地区碱解氮含量减少5.57mg·kg-1，降幅4.32%。随着海拔高度的增加，土壤碱解氮减少，降幅呈不断增大趋势。17.84%的地区存在土壤碱解氮缺乏(＜90mg·kg-1)现象，比全国第二普时增加13.57%。低海拔（500-1000m）地区14.29%土壤碱解氮缺乏，比全国第二普时减少1.56%。中海拔（1000-1500m）地区，18.36%的土壤碱解氮缺乏，比全国第二普时增加17.57%。高海拔(>1500m)地区，19.44%的土壤碱解氮缺乏，比全国第二普时增加19.44%。随着海拔高度的增加，碱解氮呈减少趋势，幅度不断增大。咖啡地的氮肥施用量匮乏，氮肥在分解过程中释放CO2和有机酸，CO2部分被植物吸收利用，部分溶解于土壤产生碳酸、各种有机酸、无机酸，从而加快土壤酸化进程，但也促进难溶物质溶解，增加土壤的有效养分含量[21]。因此，既不能不施少施肥，也不能过度施肥，应坚持咖啡带走多少施用多少的原则，保证土壤养分的动态平衡。

土壤有效磷缺乏导致植物的咖啡受到限制，过多则影响质量和品质的形成[33]。小粒咖啡主产区的土壤有效磷含量由30年前的9.93mg·kg-1，增加到目前的18.01mg·kg-1，增幅81.37%。中海拔地区比低海拔地区土壤有效磷含量增加7.19mg·kg-1，降幅63.52%；高海拔地区比中海拔地区有效磷含量增加2.77mg·kg-1，增幅14.96%。随着海拔高度的增加，土壤有效磷增加，增幅呈不断减小趋势。小粒咖啡主产区40.79%的地区存在土壤有效磷缺乏(＜10mg·kg-1)现象，比全国第二普时减少6.38%。低海拔（500-1000m）地区38.78%土壤有效磷缺乏，比全国第二普时减少45.73%。中海拔（1000-1500m）地区，40.18%的土壤有效磷缺乏，比全国第二普时减少15.77%。高海拔(>1500m)地区，55.56%的土壤有效磷缺乏，比全国第二普时减少27.82%。低海拔地区多为石灰性母质，所以磷养分贫瘠[21]。磷易与石灰岩中的可交换钙形成磷酸二钙、磷酸八钙、羟基磷灰石以及难溶的磷石灰等磷酸钙盐沉淀，降低磷的有效性[34]。根据相关试验数据显示，小粒咖啡最适宜的氮磷钾配比为25:9:19，可知咖啡对肥料的需求量是氮肥最多，其次是钾肥，最少是磷肥。目前咖啡地磷素含量尚有盈余，这与磷肥的投入及其吸收利用不平衡密切相关，需要适当控制磷素的投入量。从生态友好型农业发展的角度看，土壤磷含量需要保持在既能保证咖啡的高产、稳产和优质，又能最大限度降低环境的污染破坏力[35]。因此，因地制宜，适量少施磷肥，用滴灌、酸性肥料和氮肥混施等磷素恒量监控技术[23]，均可提高土壤磷的有效性，促进磷肥的高效利用。

土壤中的钾不会发生形态的转化，与易转化的氮和随雨水淋失易被土壤固定的磷不一致，因此能够真实反映咖啡地的施肥现状[21]。小粒咖啡主产区的土壤速效钾含量由30年前的156.59mg·kg-1，减少到目前的138.31mg·kg-1，降幅11.67%。中海拔地区比低海拔地区土壤速效钾含量增加10.66mg·kg-1，降幅8.22%；高海拔地区比中海拔地区速效钾含量减少8.77mg·kg-1，降幅6.25%。随着海拔高度的增加，土壤速效钾呈先增加后减少的趋势，增降幅度呈不断减小趋势。17.84%的地区存在土壤速效钾缺乏(＜100mg·kg-1)现象，比全国第二普时增加14.35%。低海拔（500-1000m）地区25.51%土壤速效钾缺乏，比全国第二普时增加25.51%。中海拔（1000-1500m）地区，16.55%的土壤速效钾缺乏，比全国第二普时增加8.61%。高海拔(>1500m)地区，16.67%的土壤速效钾缺乏，比全国第二次普查时增加16.67%。中、高海拔地区土壤质地较为黏重，土壤速效钾含量高[36]。低气温影响土壤生物活性，减缓土壤中酶促反应的速度，降低土壤的矿化能力[21]，但本研究中的高海拔地区属于云南的热区，最低气温也在零度以上，无霜无冻，故而对土壤生物的活性影响较小，反而极易受到人为过度施用磷钾肥的影响，增加土壤中的速效养分含量。咖啡地整体的钾肥施用量不足，不能满足咖啡的正常生长发育所需。咖啡对钾的需求量仅次于氮，但农民长期重施氮磷肥轻钾肥的习惯，导致消耗土壤中大量的钾素，同时得不到及时的补充。中国普遍存在钾肥缺乏现象，80%以上的钾素存于作物秸秆中，因此咖啡果皮、咖啡渣、修剪的枝干等发酵腐熟还田作为一种重要的速效钾资源，可有效增加土壤的钾素含量，提高钾素肥力，起到与传统钾肥相同的效果[37]。但针对中、低钾含量的土壤，其土壤缓冲能力弱，需同时配施一定量的钾肥，才能满足咖啡的增产需求[38]。土壤中的速效钾和非交换性钾含量及其释放速率共同制约着土壤钾素的充分与否，重视土壤矿物钾的有效化具有实际意义[39]。

咖啡地土壤酸性或偏酸，通过施加生物质炭能显著提高土壤pH值，提高土壤养分含量。常规量90%的施肥水平配施生物质炭对土壤pH值改良效果最佳,增幅1.5%，土壤有机质增加 0.06 -0.17g/kg，土壤全氮增幅 1.2-7.7%;土壤速效磷增幅8.7-21.8%[40]。施用石灰石和生物炭混合改良剂、生物调理剂，能提高酸化土壤的pH，同时极显著提高土壤养分含量，促进咖啡生长，土壤pH改善至5.0-5.5，土壤有机质、速效磷、碱解氮分别提高了25%-39%、38%-74%、7%-13%[41]。

针对不同的农作物、不同的生态环境以及不同的生产方式，对土壤的肥力影响不同，许多专家学者从事多年的科学研究，得出的结果证明海拔是影响土壤肥力[18、28、42-44]、作物品质[43、45-47]的关键因子之一，海拔与咖啡地土壤的养分，咖啡的生长发育、产量及品质的相关性分析，需进行更深入的试验研究。

与全国第二次普查的结果相比，小粒咖啡主产区的土壤酸性均不断增强，土壤酸化现象严重，除土壤有效磷含量增加以外，其余土壤肥力元素：有机质、碱解氮、速效钾均减少。整体肥力水平不均匀，不同海拔间差异显著。咖啡主产区由低海拔向高海拔土壤酸碱度逐渐降低，交换性酸增加，酸性增强；土壤有机质、有效磷含量随海拔的升高而增加[48]，土壤速效钾含量随着海拔的升高呈现出先升后降的趋势，与焦润安等[5]的研究结果不一致，可能与咖啡主产区所处的干热河谷小气候特征在不同海拔下的地形、植被结构、温度、水分和光照等环境异质性息息相关。

**4 结论**

1)目前，小粒咖啡主产区的土壤pH平均5.53，属于酸性土壤；有机质平均含量32.68g·kg-1，为丰富水平；碱解氮平均含量128.77mg·kg-1，为于丰富水平；有效磷平均含量18.01mg·kg-1，为中等水平；速效钾平均含量138.31mg·kg-1，为中等水平。

2)与全国第二次土壤普查结果相比，目前小粒咖啡土壤呈酸化趋势，有机质、碱解氮和速效钾含量明显降低，而有效磷含量显著提高。 其中，土壤pH、有机质、碱解氮、有效磷和速效钾含量的主要分布范围分别为4.5-5.5、>40g·kg-1、120-150mg·kg-1、10-20mg·kg-1和100-150mg·kg-1，所占比例分别为55.12%、33.48%、29.68%、29.82%和46.49%；第二次土壤普查时的主要分布范围为5.5-6.5、>40g·kg-1、>150mg·kg-1、10-20mg·kg-1和150-200mg·kg-1，所占比例分别为44.91%、59.62%、58.14%、29.42%和62.23%。

3)不同海拔高度比较，土壤pH表现为低海拔(500-1000m)>中海拔(1000-1500m)>高海拔(>1500m)，有机质含量表现为高海拔(>1500m)>中海拔(1000-1500m)>低海拔(500-1000m)，碱解氮含量表现为低海拔(500-1000m)≈中海拔(1000-1500m)>高海拔(>1500m)，有效磷含量表现为高海拔(>1500m)>中海拔(1000-1500m)>低海拔(500-1000m)，速效钾含量表现为中海拔(1000-1500m)>高海拔(>1500m)≈低海拔(500-1000m)地区。不同海拔高度咖啡地的土壤养分差异显著，整体表现为pH和碱解氮含量具有随海拔高度增加而降低的趋势，土壤有机质和有效磷含量具有随海拔高度增加而增加的趋势，土壤速效钾含量随海拔高度的增加呈先增加后降低的趋势。

**参考文献**

[1] 全国农业技术服务中心.耕地质量演变趋势研究[M].北京:中国农业科技出社,2008:1-15.

[2] Hautier Y,Ｒandin CF,Stcklin J,et al.Changes in reproductive investment with altitude in an alpine plant[J].Journal of Plant Ecology,2009,2: 125-134.

[3] 焉莉,王寅,冯国忠,高强.吉林省农田土壤肥力现状及变化特征[J].中国农业科学,2015,48

(23):4800-4810.

[4] 单燕,李水利,李茹,等.陕西省玉米土壤肥力与施肥效应评估[J].土壤学报,2015,52(06)

:1430-1437.

[5] 焦润安,李朝周,赵阳,焦健.海拔对陇南白龙江流域油橄榄园土壤肥力的影响[J].生态学杂志,2018,37(02):360-365.

[6] Dijkstra FA,Pendall E,Morgan JA,et al.Climate change alters stoichiometry of phosphorus and nitrogen in a semiarid grassland. New Phytologist, 2012,196: 807-815.

[7] Freschet GT,Cornelissen JHC,Logtestijn ＲSPV,et al.Substantial nutrient resorption from leaves,stems and roots in a subarctic flora: What is the link with other resource economics traits. New Phytologist,2010,186: 879-89.

[8] Harpole WS,Ngai JT,Cleland EE,et al.Nutrient colimitation of primary producer communities. Ecology Letters,2011,14: 52-62.

[9] 高祥照,马常宝,杜森.测土配方施肥技术[M].北京:中国农业出版社,2005:1-7,14-20.

[10] 鲍士旦.土壤农化分析[M].第3版.北京:中国农业出版社,2000:30-107.

[11] 全国土壤普查办公室.中国土壤[M].北京:中国农业出版社,1998:843-984.

[12] Aciego P J C, Brookes P C. Relationships between soil pH and microbial properties in a UK arable soil[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2008, 40: 1856-1861.

[13] 陈彦清,杨建宇,郧文聚,等.国家尺度上基于地形因子的光温及气候生产潜力修正算法[J].中国农业科学,2016,49(11):2082-2092.

[14] 李强,张翀,任志远.近15年黄土高原植被物候时空变化特征分析[J].中国农业科学,2016,49(22):4352-4365.

[15] 陈重潘.浅议地理纬度和海拔与作物生产的关系[J].甘肃农业,2010(03):27-28.

[16] 方洪生,周迎春,苏有健.海拔高度对茶园环境及茶叶品质的影响[J].安徽农业科学,2014,42(20):6573-6575.

[17] 王协书. 竹溪龙峰茶品质形成与生态因子的关系[D].华中农业大学,2008.

[18] 简尊吉,马凡强,郭泉水,裴顺祥,秦爱丽,肖文发,赵志禄.回归崖柏苗木存活和生长对海拔梯度的响应[J].林业科学,2017,53(11):1-11.

[19] 丁红文,李奇颖,傅显钦,李外生.不同海拔高度对金铁锁种子产量的影响研究[J].云南农业科技,2018(01):19-20.

[20] 王万东,龙亚芹,李荣福,等.云南小粒咖啡病虫害调查研究[J].热带农业科学,2012,32(10)

:55-59.

[21] 张红桔,马闪闪,赵科理,等.山核桃林地土壤肥力状况及其空间分布特征[J].浙江农林大学学报,2018,35(04):664-673.

[22] GUO J H, LIU X J, ZHANG Y, et al. Significant acidification in major Chinese croplands[J]. Science, 2010, 327(5968):1008 - 1010.

[23] 贾良良,孙彦铭,刘克桐,等.河北省不同生态区农田土壤肥力现状及变化特征[J].土壤通报,2018,49(02):367-376.

[24] Vieira F C B, Bayer C, Mielniczuk J, et al. Long-term acidification of a Brasilian Acrisol as affected by no till cropping systems and nitrogen fertilizer. Australian Journal of soil Resource, 2008, 46:17-26.

[25] Lesturgez G, Poss R, Noble A, et al. Soil acidification without pH drop under intensive cropping systems in Northeast Thailand[J]. Agriculture Ecosystem and Environment, 2006, 114(2/4):239-248.

[26] 郭永龙,刘友兆,王利环.华北山区不同海拔台地不同土地利用方式下土壤肥力及脱盐趋势[J].水土保持学报,2012,26(06):131-134.

[27] 程浩,张厚喜,黄智军,等.武夷山不同海拔高度土壤有机碳含量变化特征[J].森林与环境学报,2018,38(02):135-141.

[28] 申佳艳,李小英,袁勇,等.纳板河自然保护区土壤酶对不同海拔、坡向的响应[J].水土保持研究,2018,25(01):111-119+125.

[29] 向成华,栾军伟,骆宗诗,等.川西沿海拔梯度典型植被类型土壤活性有机碳分布[J].生态学报,2010,30(04):1025-1034.

[30] 徐雪风,李朝周,张俊莲.轮作油葵对马铃薯生长发育及抗性生理指标的影响[J].土壤,2017,49(01):83-89.

[31] LIU C, LU M, CUI J et al. Effects of straw carbon input on carbon dynamics in agricultural soils: a meta- analysis [J]. Global Change Biology, 2014, 20(5):1366-1381.

[32] 潘剑玲, 代万安, 尚占环, 郭瑞英. 秸秆还田对土壤有机质和氮素有效性影响及机制研究进展[J].中国生态农业学报, 2013, 21(5):526-535.

[33] HINSINGER P. Bioavailability of soil inorganic P in the rhizosphere as affected by root-induced chemical changes: a review[J]. Plant Soil, 2001, 237(2):173-195.

[34] BRASCHI I, CIAVATTA C, GIOVANNINI C, et al. Combined effect of water and organic matter on phosphorus availability in calcareous soils[J]. Nutr Cycl Agroecosys, 2003, 67(1):67-74.

[35] 胡斌, 和树庄, 陈春瑜,等. 滇池流域土壤氮磷分布特征及关键影响因素研究[J].土壤学报, 2012, 49(6):1178-1184.

[36] Horst W J,Kamh M,Jibrin J M,et al.Agronomic measures for increasing P availability to crops[J].Plant and Soil,2001,237:211-223.

[37] Yu C J, Qin J G, Xu J,ET AL. Straw combustion in circulating fluidized bed at low-temperature: Transformation and distribution of potassium[J].Canadian Journal of Chemical Engineering, 2010, 88(5):874-880.

[38] 李继福, 鲁剑巍, 任涛,等. 稻田不同供钾能力条件下秸秆还田替代钾肥效果[J].中国农业科学, 2014, 47(2):292-302.

[39] 谭德水, 金继运, 黄绍文,等.不同种植制度下长期施钾与秸秆还田对作物产量和土壤钾素的影响[J].中国农业科学, 2007, 40(1):133-139.

[40] 李茴.生物质炭及减量施肥对茶园地表径流氮磷流失和土壤培肥效应的影响[D].浙江大学,2018.

[41] 张宝林.庐山云雾茶茶园土壤酸度和肥力改良措施研究[D].南昌航空大学,2017.

[42] 薛沛沛,王兵,牛香.大岗山不同海拔毛竹林土壤肥力的灰色关联度分析[J].浙江农业学报,2013,25(06):1354-1359.

[43] 丁园,张宝林.不同海拔高度下庐山茶园土壤性质及茶叶生化指标的变化[J].安徽农业大学学报,2017,44(06):959-962.

[44] 楚纯洁,周金风,杜越天.平顶山矿区丘陵坡地土壤健康评价[J].江苏农业科学,2018,46(05)

:240-243.

[45] 李自强,刘新民,董建新,等.罗平县海拔高度和土壤类型与烟叶化学成分的关系[J].中国烟草科学,2010,31(05):44-48.

[46] 赛牙热木·哈力甫,艾克拜尔·伊拉洪,宋瑞清,等.察布查尔草原土壤酶活性垂直分布及土壤理化性质相关性研究[J].草业学报,2018,27(03):116-125.

[47] 唐颢,唐劲驰,操君喜,等.凤凰单丛茶品质的海拔区间差异分析[J].中国农学通报,2015,31

(34):143-151.

[48] 刘颖,宫渊波,李瑶,等.川西高寒灌丛草地不同海拔梯度土壤化学计量特征[J].四川农业大学学报,2018,36(02):167-174.

# 不同生根剂及基质对“台农1号”百香果扦插的影响

梁秋玲 钟晓萍

广东农垦热带作物科学研究所

**摘 要** 以“台农1号”百香果为插穗，开展不同生根剂配方及扦插基质对插穗效果的比较。结果表明，最佳生根剂为1%吲丁·s-诱抗素可湿性粉剂750mg/L+1.8%复硝酚钠水剂1000mg/L，最适宜的基质为椰糠+珍珠岩=4：1。

**关键词** 百香果，基质，生根剂，扦插

“台农1号”百香果为台湾凤山热带园试所以紫色种为母本，黄色种为父本培育的杂交F1代品种。该品种生长势和适应性介于两亲本之间，自然结果率高且稳定，果皮呈鲜红色伴有细密白色果点，果实可重达120克，果汁呈浓黄色，香味浓烈，酸度稍低，果汁率可达33.5%左右，属鲜食加工兼优品种。

自该品种引进栽培以来，已逐步取代原有紫色百香果，成为新植果园主栽品种，推广面积迅速扩大，种苗市场前景良好。常规百香果扦插育苗方式为沙床裸根苗和泥袋容器苗，裸根苗移栽成活率较低且缓苗期长，泥袋容器苗均扦插成活率较低且根腐病带菌风险较高，在一定程度上制约了百香果产业的发展。为稳定生产百香果健康种苗，本文对“台农1号”百香果扦插生根剂和无土扦插育苗基质进行了研究，以期为生产提供指导。

**1 材料与方法**

**1.1 试验材料**

试验用“台农1号”百香果母树为广东省化州市石湾镇南亚热带农业科技园健康结果树。

试验用1%吲丁·s-诱抗素可湿性粉剂为四川龙蟒福生生物科技有限责任公司生产，1.8%复硝酚钠水剂为旭化学工业（漳州）有限公司生产。

**1.2 试验设计**

1.2.1 生根剂配方

以1%吲丁·s-诱抗素可湿性粉剂为主要促根药剂，1.8%复硝酚钠水剂为辅助促根药剂，设计4个浓度处理，1%吲丁·s-诱抗素可湿性粉剂分别为处理1浓度为250mg/L、处理2为500mg/L、处理3为750mg/L、处理4为1000mg/L，1.8%复硝酚钠水剂固定浓度为1000mg/L，即不同浓度1%吲丁·s-诱抗素可湿性粉剂+1000mg/L1.8%复硝酚钠水剂形成不同的复合生根剂，将2种药剂分别配制，使用时混合并稀释至所需浓度，以清水作为对照。每处理设置3次重复，每次重复试验40株。

1.2.2 基质配方

以无土栽培的原则进行设计，处理1为纯椰糠，处理2为椰糠和珍珠岩按照体积比椰糠：珍珠岩=4:1均匀混合而成，处理3为椰糠和珍珠岩按照体积比椰糠：珍珠岩=2:1均匀混合而成，处理4为椰糠：珍珠岩=1:1均匀混合而成。每处理设置3次重复，每次重复试验40株。

**1.3 试验方法**

1.3.1 环境条件

育苗场地为顶部配备遮阳网且周边可卷帘通风的塑料大棚，遮阳网遮光率为70%～80%；起畦制作苗床，畦面宽度110cm、高度约5cm，畦面平整，畦面铺粗砂1～2cm（厚），相邻苗床之间的操作行为60～80cm。

1.3.2 基质制备

生根剂配方筛选使用椰糠和珍珠岩按照体积比椰糠：珍珠岩=2:1均匀混合而成，将试验基质混合均匀装入7.5cm×15cm的硬质塑料育苗杯中，基质深度10～12cm，共600株。将装入基质的育苗杯整齐摆放在育苗床上，育苗杯摆放完成后在育苗床四周使用粗砂壅培防倒伏。

基质配方筛选在生根剂配方筛选完成后进行，按随机区组设计方式摆放基质。

1.3.3 插穗选择与处理

选择一年生、半木质化的健康枝条作插穗，插穗长度约5～8cm，保留2个节及1对叶，上节叶片完整保留，下节叶片沿叶柄基部剪除。插穗上平下斜，距离上节约1cm处平截，下端离下节约3cm处削成45°楔形。

1.3.4 扦插及扦插后管理

将插穗40株绑成一捆，下端对整齐，将下端3cm浸泡在生根剂中，浸泡时间为1分钟，然后进行扦插，深度为5cm，扦插后使用清水浇透基质及插穗。扦插后，在育苗床上覆盖薄膜小拱棚保湿，在扦插后30天内，小拱棚薄膜内壁保持有凝结水滴，如湿度过小，需喷雾增加环境湿度。30天后可早晚揭开小拱棚两端薄膜通风，45天后去除小拱棚。

**1.4 数据采集**

扦插后60天采集数据。生根剂处理观测生根率、主根数、主根长等指标，并观察侧根生长情况及根系质地。基质处理，生根率、主根数、主根长等指标，剪开育苗杯并自然放倒苗木，观测根系抱团的完整程度。

**2 结果与分析**

**2.1 不同生根剂比较**

所有生根剂处理，均可诱导插穗生根，但各处理之间在生根率、主根数、主根长等指标存在一定差异，见表1。

表1 不同生根剂处理扦插生根情况

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 生根剂处理 | 生根率/% | 主根数/条 | 主根长/cm | 根系完整度及状态 |
| 处理1 | 35.1c | 4.2c | 5.2b | 侧根发达，根系雪白 |
| 处理2 | 58.9b | 4.7c | 4.3b | 侧根发达，根系雪白 |
| 处理3 | 95.5a | 7.8b | 5.5b | 侧根发达，根系雪白 |
| 处理4 | 53.8b | 10.1a | 2.2c | 侧根少，根系黄色 |
| CK | 6.7d | 2.0d | 8.6a | 侧根少，根系雪白 |

由表1可知，随着1%吲丁·s-诱抗素可湿性粉剂用量增加，生根率出现先上升后下降的趋势，在1%吲丁·s-诱抗素可湿性粉剂用量为750mg/L时，生根率达到最大值95.5%，与其他处理存在显著差异，浓度为500mg/L和1000mg/L时，生根率分别为58.9和53.8%，二者之间不存在显著差异，但与浓度为250mg/L相比，存在显著差异。随着1%吲丁·s-诱抗素可湿性粉剂用量增加，主根条数呈现上升趋势，主根长度呈现下降趋势。1%吲丁·s-诱抗素可湿性粉剂用量为250mg/L、500mg/L和750mg/L时，根系完整，侧根发达，根系色泽雪白，当用量为1000mg/L时，抑制了侧根的发生，且根系颜色为黄色。

综合考量生根率、主根数、主根长、根系完整度及根系状态等因素，处理3，既1%吲丁·s-诱抗素可湿性粉剂750mg/L+1.8%复硝酚钠水剂1000mg/L，为本研究最佳生根剂组合。

**2.2 不同基质比较**

不同基质处理，在插穗生根生根率、主根数、主根长等指标存在一定差异，且育苗基质完整度也存在差异，具体见表2。

表2 不同基质处理扦插情况

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 基质处理 | 生根率/% | 主根数/条 | 主根长/cm | 基质完整率/% |
| 处理1 | 51.2b | 2.2b | 3.2b | 55.1c |
| 处理2 | 92.3a | 6.7a | 5.1a | 98.5a |
| 处理3 | 96.5a | 7.2a | 5.3a | 81.2b |
| 处理4 | 93.8a | 7.8a | 5.2a | 47.6c |

由表2可知，纯椰糠处理1，其生根率、主根数及主根长度，均与添加珍珠岩处理之间存在显著差异，添加珍珠岩各处理之间差异不限制。处理2，椰糠：珍珠岩=4:1基质抱团最完整，显著优于其他处理，次之为处理2椰糠：珍珠岩=2:1。

**3 结论与讨论**

1%吲丁·s-诱抗素可湿性粉剂750mg/L+1.8%复硝酚钠水剂1000mg/L，为本研究最佳生根剂组合。椰糠：珍珠岩=4:1为本研究优选基质。

百香果属于扦插易生根物种，杨妙贤[1]等人以清水水插获得60%生根率，本研究使用清水作为对照，获得6.7%的生根率，差异可能由品种不同导致。

曲芬霞[2]研究结果显示，ABT生根粉2号为最优生根剂，黄冬梅[3]、王国东[4]等人认为IBA生根粉效果优于ABT生根粉，廖美兰[5]等人认为GGR生根粉6号可获得最高70%的生根率，上述报道所使用的ABT系列、GGR系列生根粉，需使用95%酒精溶解，IBA生根粉，需使用碱液溶解，操作较为不便。本研究使用的1%吲丁·s-诱抗素可湿性粉剂和1.8%复硝酚钠水剂，可直接水溶，使用方便。

杨妙贤[1]等人报道园土为百香果扦插最佳基质，曲芬霞[2]报道50%火烧土+25%泥炭+25%蛭石为百香果扦插最佳基质，金立敏[6]等人报道草炭土为百香果混合插穗的最佳基质，蛭石为百香果嫩枝扦插最优选基质，张丽梅[7]等人报道，黄壤：有机肥=1:0.05为最优扦插基质。园土，黄壤等作为基质，难免携带部分根腐病的病原菌，火烧土可避免携带病原菌，但是操作较为复杂，不合适规模化生产；纯蛭石育苗，在移栽过程中基质不能抱团，根系损伤严重。本研究使用椰糠和珍珠岩作为基质，实现了无土栽培，基质不带菌或带菌量少，有利于健康种苗生产，椰糠：珍珠岩=4:1为本研究优选基质，在插穗正常生根同时，根系与基质可有效抱团，有利于苗木移植。

**参考文献**

[1]杨妙贤，刘颖杰，潘金辉，等．不同基质和生根粉浓度对西番莲扦插生根的影响[J]，仲恺农业工程学院学报，2014，2（27）：1~4.

[2]曲芬霞，百香果容器嫩枝扦插育苗技术试验，育苗技术[J]，2011，12，018：33.

[3]黄东梅，许 奕，潘琼玉，等．不同生根剂对３个南美引进黄果西番莲品种的扦插生根效果，贵州农业科学[J]，2018，46（5）：92~95.

[4]王国东，张力飞，蒋锦标，等．紫果西番莲种苗繁育试验，北方果树[J]，2006，1（16）： 12~13

[5]廖美兰，杜铃，黄欣，等．红花西番莲扦插育苗试验研究，现代农业科技[J]，2012，16：177，186.

[6]金立敏，袁建明，吕文涛，等．不同基质对西番莲插穗生根的影响，湖南农业科学[J]，2010（17）：127~129.

[7]张丽敏，蔡国俊，龙秀琴，等．不同基质和生根粉浓度对西番莲扦插苗的影响，中国南方果树[J]，2018，47（2）：88~90.

# 金沙江干热河谷区引种辣木果实性状比较

罗会英，金杰，赵琼玲, 邓红山，范建成，廖承飞，韩学琴[[2]](#footnote-2)\*

（云南省农业科学院热区生态农业研究所，云南 元谋 651300）

**摘 要** 本试验以辣木为研究材料，对引种的辣木果实性状进行比较，结果表明：不同引种来源的辣木植株生长情况、果荚性状、种子性状和产量性状均存在不同程度的差异性，从德国和美国引种的辣木植株生长情况明显强于古巴和肯尼亚引种的辣木；德国引种的辣木单果果荚重、果荚长、单荚种子数都明显优于美国、肯尼亚和古巴；德国和美国引种的辣木种子大小、单株果荚重、单株种子重、种子百粒重、种子亩产量相差不大但都明显优于肯尼亚和古巴。因此，德国和美国种较适合在金沙江干热河谷区引种和种植。

**关键词** 辣木；引种；果实性状；比较

**Comparison of the** **Traits of Introduced Moringa Fruit in the Dry-hot Valley of Jinsha River**

Luo Huiying, Zhao Qiongling; Han Xueqin; Deng Hongshan; Liao Chengfei; Jin Jie

（Institute of Tropical Eco-agricultural Sciences, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Yunnan Yuanmou 651300）

**Abstract:** We used the Moringa as the research materials in this study, compare the traits of Moringa fruit. The results showed that there were different in the plant growth, seed pod traits, seed traits and yield traits come from different regions. The growth of Moringa plants introduced from Germany and the United States was significantly stronger than introduced from Cuba and Kenya. The single fruit pods weight、fruit pod length and Single pod seed number introduced from Germany were better than the United States, Kenya and Cuba. The seed size、individual pod weight、Individual seed weight、Seed 100-grain weight and Seed yield per mu introduced from Germany and the United States were no obvious difference but were significantly better than Kenya and Cuba. So the Moringa introduced from Germany and the United States are more suitable planting in the dry-hot valley area of the Jinsha River.

**Key words:** Moringa; introduction; fruit traits; comparison

辣木（*Moringa oleifera*）为辣木科辣木属多年生乔木[1]，又称鼓槌树、奇迹树，不死树、萝卜树等，耐干旱、耐贫瘠、生长迅速、适应性强，是热带和亚热带地区的速生树种，[2] ，原产印度，现广植于各热带地区。辣木全株均可被利用，根和树皮是传统医药原料；嫩叶和嫩果荚富含多种矿质元素、蛋白质、氨基酸和维生素等，是味道鲜美且营养丰富的蔬菜，种子富含植物油分，是一种对人体健康极为有利的功能食用油，榨油剩的枯饼可作为人畜饮用水净化的絮凝剂[3-7]。辣木因耐旱速生耐贫瘠且营养丰富而全面被看成“热带的天然营养库” 加以研究和推广，且被作为高营养蔬菜开发利用。随着对辣木营养价值和药用价值的逐步认识，辣木正日趋受到重视。

我国于1998年前后从印度引种成功，并在我国广东、云南、福建等地广泛种植[8-10]，云南省芒市在20世纪初从缅甸引种，之后在云南热带、亚热带地区开展种植[11-12]。目前，辣木的开发利用和研究正在持续进行中，包括辣木种质资源的收集、辣木优良品种的培育、辣木丰产栽培措施的探索和辣木高附加值的产品的开发。本文以金沙江干热河谷区引种的辣木为研究对象，对其果实性状进行观测，为干热区辣木的引种和进一步研究奠定基础，同时也为在金沙江干热河谷热区大力发展辣木产业提供参考。

**1 材料和方法**

**1.1 试验材料**

试验材料为分别从德国、美国、肯尼亚和古巴引种并于2017年5月用种子播种繁殖的辣木实生苗，试验地位于金沙江干热河谷地区元谋县境内( 101°52'18″ E，25°41'15″ N) ，地处滇中高原北部，隶属云南省楚雄彝族自治州。年平均气温21.9℃，平均最高气温42℃，平均最低气温-2℃，年降水量613.8mm，集中在5-9月份，其他月份少雨或无雨，年蒸发量3911.2mm。

表1 辣木种质资源来源信息表

Table1 The information table of Moringa germplasm resources

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 编号 | 来源 | 树龄 |
| 1 | 德国 | 1年 |
| 2 | 美国 | 1年 |
| 3 | 肯尼亚 | 1年 |
| 4 | 古巴 | 1年 |

**1.2 试验方法**

于2018年3月，辣木果实成熟期，对4份引种的辣木种质资源进行果实性状评价，每份种质选择5株，每株从东、南、西、北四个方位取12个果实进行观测，用卷尺、直尺和游标卡尺对株高、冠幅、地茎、果荚长度、果荚宽度、种子横茎、种子纵茎、种子翼的长度、种子翼的宽度进行测量；用电子天平称量单株果荚重、单株种子重、单果果荚重、种子百粒重。观察形态指标包括：树势（1强、2中、3弱），树姿（1直立、2半直立、3开张、4下垂），树形（1圆柱形2阔塔形3球形4长圆形5半圆形、6椭圆形、7不规则形），果熟特性（1早、2中、晚），果荚形状（1直立、2弯曲、3稍扭曲、4扭曲、5圆柱形、6其他），未成熟果荚颜色（1绿色、2淡绿、3紫红色），成熟果荚颜色（1黄褐色、2淡褐色、3淡青色、4淡紫色）。

**1.3 数据分析**

采用EXEL软件对数据进行统计分析，用SAS软件对数据作方差分析。

**2 结果分析**

**2.1 辣木植株生长情况**

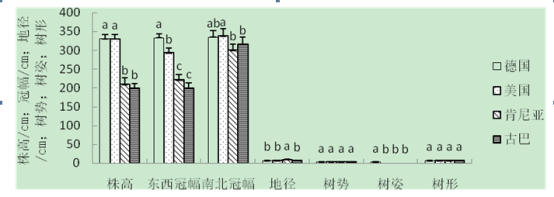


图1 辣木植株生长情况

Fig.1 The growth of Moringa plant

说明：图中不同小写字母表示不同处理间在0.05(p＜0.05)水平差异显著,下同。

Note:Different small letter means differences reach highly significant level at 0.05(p＜0.05)，the same as beow.

从图中可以看出，不同引种来源的辣木植株生长情况存在不同程度的差异性，

从德国引种的辣木株高最高为331.67cm，显著高于肯尼亚和古巴引种的辣木，但和从美国引种的辣木差异不显著，从古巴引种的辣木株高最矮为198.33cm。从冠幅来看，东西冠幅和南北冠幅存在显著差异性，德国引种的辣木东西冠幅最大为333.67cm，最小的为古巴的199.33cm；南北冠幅最大的是来自肯尼亚的338.50cm，最小的为肯尼亚的300.67cm；肯尼亚和古巴之间冠幅差异不显著。从肯尼亚引种的辣木地径值最大为9.27cm，显著高于德国、美国和古巴，且后三者间差异部显著。不同引种来源的辣木树势和树形均无显著差异性。从德国引种的辣木树姿和美国、肯尼亚、古巴差异显著。

**2.2 辣木果荚性状比较**

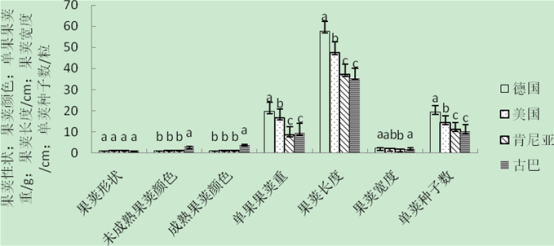


图2 辣木果荚性状比较

Fig.2 Comparison of Moringa fruit pod traits

从图2可以看出，不同引种来源的辣木果荚形状、果荚颜色和果荚宽度差异性均不明显，而在单果果荚重、果荚长和单荚种子数却存在显著性差异。从德国、美国、肯尼亚、古巴引种的辣木果荚形状为差异不显著；果荚颜色德国、美国和肯尼亚的差异不显著，但却和古巴差异显著。从德国、美国和古巴引种的辣木果荚宽度差异不显著但却显著宽于肯尼亚1.62cm。德国引种的辣木单果果荚重最重为19.70g，最轻的是肯尼亚8.62g，从差异显著性来看，德国引种的辣木单果果荚重显著重于美国、肯尼亚和古巴，美国显著重于肯尼亚和古巴，肯尼亚和古巴之间差异性不显著。果荚长度最长的是的德国引种的为57.84cm，最短的为古巴的35.7cm，差异显著性与单果果荚重一致。单荚种子数德国的最多为19个，显著多于美国、肯尼亚和古巴，美国的显著多于肯尼亚和古巴，肯尼亚和古巴之间差异不显著，古巴种子数最少为10个。

**2.3 辣木种子性状比较**

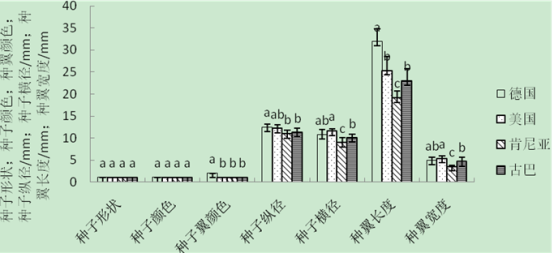


图3 辣木种子性状比较

Fig.3 Comparison of Moringa seed traits

从图3可以看出，德国、美国、肯尼亚和古巴引种的辣木种子形状、种子形状均无显著差异性。种翼颜色德国引种的显著高于美国、肯尼亚和古巴，美国、肯尼亚和古巴之间差异不显著。种子纵径和种子横径德国、美国之间差异不显著却显著长于肯尼亚和古巴。种翼长度德国最长为31.93mm，显著长于美国、肯尼亚和古巴，美国和古巴之间差异不显著却显著长于肯尼亚，肯尼亚种翼最短为19.10mm。种翼宽度最宽的是美国，其次是德国、古巴和肯尼亚，肯尼亚。

**2.4 辣木产量性状比较**

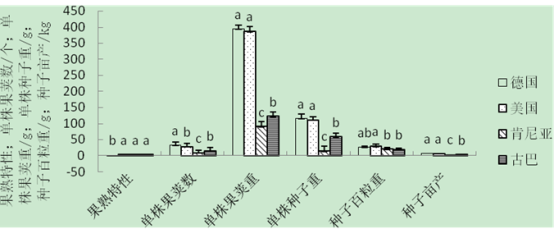


图4 辣木产量性状比较

Fig.4 Comparison of Moringa yield traits

从图4可看出，除德国引种的辣木果实是早熟外，其他都是晚熟。德国引种的辣木单株果荚数最多，为33个，显著多于肯尼亚和古巴，和美国差异性不显著；单株果荚数最少的为肯尼亚。单株果荚重德国和美国差异不显著但都显著高于肯尼亚和古巴，最高的为德国394.13g，其次为美国和古巴，最低的是肯尼亚90.30g。单株种子重最重的为德国110.67g，最轻的是古巴14.37g，差异显著性和单株果荚重一致。种子百粒重最重的美国29.20g，显著重于肯尼亚和古巴，和美国差异不显著，百粒重最低是古巴为19.16g。种子亩产德国和美国均显著高于肯尼亚肯古巴，肯尼亚最低为0.8kg，最高的是古巴6.48kg。

**3 结论和讨论**

元谋地处金沙江干热河谷地区，属南亚热带干热季风气候，属于南亚热带气候，具有干燥、炎热、少雨、光照充足、四季不分明，全年无冬等特点，其独特的自然条件为辣木的种植和辣木产业的发展提供了良好的地理和气候优势。目前，已在元谋引种辣木并种植成功，并形成当地的特色产业。

本试验通过对从德国、美国、肯尼亚和古巴引种种植的辣木果实性状进行初步研究表明，不同引种来源的辣木植株生长情况、果荚性状、种子性状和产量性状均存在不同程度的差异性，从德国和美国引种的辣木植株生长情况明显强于古巴和肯尼亚引种的辣木；德国引种的辣木单果果荚重、果荚长、单荚种子数都明显优于美国、肯尼亚和古巴；德国和美国引种的辣木种子大小、单株果荚重、单株种子重、种子百粒重相差不大但明显优于肯尼亚和古巴。

目前，辣木受到国内外的广泛关注，研究内容也涉及辣木种质资源的收集保存、辣木栽培技术研究、辣木主成分分析和辣木产品开发等多个方面。因此，若能结合市场需求，有针对性的进行辣木引种栽培、辣木良种筛选和辣木产品研发将对地方特色产业和辣木产业的可持续发展形成良好的助力。

**参考文献**

[1]中国科学院中国植物志编辑委员会.中国植物志[M]（第三十四卷第一册).科学出版社，1984。

[2] 段琼芬, 李迅.辣木营养价值的开发利用[ J] .安徽农业科学, 2008, 36(29):12670-12672 .

[3] 刘子记，孙继华，刘昭华，等．特色植物辣木的应用价值及发展前景分析[J].热带作物学报，2014，35（9）:1 871-1 878．

[4] 刘子江,孙继华,刘昭华,等.特色植物辣木的应用价值及其发展前景分析[J].热带作物学报, 2014(35): 1871-1878.

[5] 刘昌芬， 李国华. 辣木的研究现状及其开发前景[J]. 云南热作科技， 2002， 25（3）： 20-24.

[6] 张燕平， 段琼芬， 苏建荣. 辣木的开发与利用[J]. 热带农业科学， 2004， 24（4）： 42-48.

[7] 周仕莹, 陈惠民. 奇迹之树辣木[J]. 科学发展, 2003(371): 40～45.

[8] DOGRA P D, SINGH B P, TANDON S. Vitamin C content in theMoringa pod vegetable[J]. Current Science,1975, 44(1): 31.

[9] DAHOT M U. Vitamin contents of the flowers and seeds of Moringaoleifera[J]. Pakistan Journal of Biochemistry,1988, 21(1/2): 21-24.

[10] ASGHARI G, PALIZBAN A B B. Quantitative analysis of thenutritional components in leaves and seeds of the Persian Moringa[J].

Pharmacognosy Research, 2015, 7(3): 8-11.

[11] DAS J M. Free amino acids and carotenes in the leaves of Moringaoleifera[J]. Current Science,1965, 34(12): 374-375.

[12] RAMIAH N, NAIR G A. Amino acids and sugars in the flowers andfruits of Moringa oleifera Lam. (Syn. Moringa pterygosperma Gaertn)[J].Journal of the Institution of Chemists (India),1977, 49(3): 163-165.

# 农业经济增长的空间集聚及影响因素分析—以云南省为例[[3]](#footnote-3)\*

李隆伟1 王雪娇2 郭沛3 陈良正4

（1,2,4 云南省农业科学院农业经济与信息研究所，云南昆明，650231）

（3 中国农业大学经济与管理学院，北京，100083）

**摘 要** 本文运用2008-2014年云南省各州市农业生产数据，采用空间计量经济学模型，基于新经济地理学理论和新经济增长理论假设，对云南高原特色农业经济增长的空间集聚及其差异进行估算。结果表明：云南高原特色农业经济增长的Moran's I值在5%的显著性水平上表现出正的空间相关性，存在空间溢出效应。研究还发现，农膜使用量和公路通车里程对云南高原特色农业经济增长有显著的正向影响，农用地使用面积则具有显著的负向影响。本文提出相关政策建议。

**关键词** 云南；高原特色农业；经济增长；空间集聚

**Analysis on spatial agglomeration and discrepancy of**

**characteristic agriculture economic growth in Yunnan Plateau**

**Abstract:** Based on the new economic geography theory and the hypothesis of new economic growth theory, this paper estimates the spatial agglomeration and discrepancy of the characteristic agricultural economic growth of Yunnan by using the data of agricultural production from 2008 to 2014 in Yunnan Province and using spatial econometric model. The results indicates that Moran 's I value of characteristic agricultural economic growth of Yunnan shows positive spatial correlation at 5% significance level which confirms the existence of spatial spillover effect: regions of comparatively high allocative efficiency are close to each other, and regions of low allocative efficiency are adjacent to each other. Moreover, The dosage of plastic sheeting and highway mileage have a significant positive impact on the economic growth of characteristic agriculture in Yunnan Plateau, while the agricultural land area shows a significant negative impact. In the final part of the paper, the policy advice are put forward according to the research conclusion.

**Key words:**agglomeration；discrepancy；spatial distribution；plateau characteristic agriculture of Yunnan

**一、引言**

云南高原特色农业与东北大规模农业、江浙精细农业、京津沪都市农业，并称为我国四大农业现代化发展模式。中央强调“打好高原特色农业这张牌，着力推进现代农业建设”，成为高原特色农业发展的重要契机，云南先后形成了“高原粮仓、特色经作、淡水渔业、高效林业、山地牧业和开放农业”六大领域，培育了“云茶、云果、云花、云药、云菜、云胶、云薯、云糖、云畜、云鱼、云烟”等多个现代化农业品牌，农业高原特色农业经济得到快速发展和壮大。数据显示，2015年云南省农业生产总产值为3383.1亿元，比2010年增长了86.9%，年平均增幅为17.38%；其中，花卉、天然橡胶、咖啡、烟叶、核桃的种植面积与产量居全国首位，茶叶、甘蔗的种植面积与产量居全国第二，蚕桑养殖面积居全国第三、产量居全国第五，马铃薯的种植面积与产量居全国第五，水果和蔬菜成为云南省第一及第二大宗的出口农产品[[4]](#footnote-4)，为云南高原特色农业经济发展奠定了产业基础和条件。

然而，由于受立体型地貌和气候的影响，云南不同地区农业自然资源禀赋条件差异较大，不同地区农业经济发展差异明显。目前，仅有少数文献对云南高原特色农业的发展路径（如普雁翔等，2013）、创意农业（如袁媛等，2013）、模式（如王荧等，2014）、资金和技术（如陈光华，2016）以及产业比较优势（如董晓波等，2016）进行了研究，但上述研究仅从产业角度进行分析，没有涉及云南高原特色农业经济增长的空间分布问题，为本文提供了研究空间。云南农业生产自然资源禀赋条件较好，农业种质资源丰富，生物多样性明显，基本包括了我国从热带地区到寒带地区的所有农业产业与形态。由于受诸多因素限制，云南高原特色农业经济的空间发展并不均衡，表现出明显的地区空间集聚现象。因此，通过对云南高原特色农业经济增长的空间集聚分析，找出其空间分布特点，探索空间集聚的区域性和差异性，将对分层次和分区域推进云南高原特色农业经济发展具有重要作用。

新古典经济学家马歇尔提出产业空间集聚有三个原因：第一，集聚会促进投入和服务的专业化；第二，集聚会促使技能工人市场的集中；第三，集聚会促使企业获取技术溢出效益。集聚能在带动专业化技术的集中，并形成劳动力专业市场，为地区经济发展带来正的外部性（张雁等，2005）**。**一旦产业集聚完成，生产要素流动与否，技术扩散成本高低等，都不影响地区经济的发展**。**在对1980-2000年欧盟的地区数据研究后，发现空间集聚促进了经济增长，并且生产活动的内部空间分布越不均匀的地区增长越快（汪彩君等，2011）。空间依赖性和集聚现象在中国省域表现明显，地理区位造成的空间成本被降低，但仍对空间集聚的中心和外围产生重要影响（吴玉鸣等，2004）。空间集聚效应在农业生产中也存在，特别是我国粮食生产技术效率表现出明显的空间自相关（高鸣等，2014）。基于上述分析，本文主要内容安排如下：第一部分提出本文的研究背景；第二部分提出本文的理论前提和方法，第三部分对云南高原特色农业经济增长的集聚与差异进行空间统计性描述，第四部分分析模型估计结果，最后得出结论并提出政策启示。

1. **理论假设与方法介绍**
2. **理论假设**

云南地处我国西南边陲，基础设施建设滞后，农业生产方式落后，农业综合生产能力低，农业经济呈现粗放型增长。在云南高原特色农业生产的实际情况下，基于产业空间集聚的理论基础，本文提出以下三个研究理论假设。

假设1：劳动力数量持续增加不利于云南高原特色农业经济持续增长。

云南高原特色农业以传统生产方式为主，具有典型的劳动密集型特征，劳动力数量对云南高原特色农业经济发展具有重要作用。新经济增长理论认为，劳动力数量与经济增长没有直接关系，地区人力资本积累形成的技术进步是经济增长的主要源泉；受生产要素边际报酬递减规律的影响，劳动力数量增加对经济增长的作用会逐渐减弱。基于此本文提出假设1。

假设2：云南高原特色农业经济增长具有集聚效应，并向农业经济规模较大的地区集聚。

云南省内不同地区的农业经济发展水平差异明显，曲靖、红河、大理等州市的农业经济总量位居云南省前列，农业产业基础明显优于其它州市，建立了相对完善的农业技术服务体系，对其它州市具有良好的示范作用和集聚效应。基于此本文提出假设2。

假设3：便利的基础设施能够有效地促进云南高原特色农业经济增长。

新经济地理学理论认为，便利的基础设施有利于降低云南农业生产运输成本、扩散先进农业生产技术、推广高效农业机械设备、实现优质农产品运出产地的经济效益。当前云南高原特色农业经济发展受到基础设施滞后的制约，基于此，本文提出假设3。

**（二）方法设计**

本文采用空间计量经济学方法，研究云南高原特色农业经济增长的区域性差异，基本思路是：采用Moran′s I对被解释变量是否存在集聚效应进行检验，如果被解释变量存在集聚效应（吴玉鸣，2007）**，**建立空间计量经济模型，对云南高原特色农业经济增长的空间集聚进行估计。

1. **分析方法**

空间统计学通常采用两个统计量来检验区域经济是否存在空间相关性：一是空间相关指数Moran I，二是Geary c。在实际的空间相关分析应用研究中，由于Moran I和Geary c的作用基本相同，而Moran I更为常用，因此以下介绍Moran I 的基本计算原理，并将之应用于云南农业经济增长集聚的空间相关性实证研究中（吴玉鸣等，2004）。

Moran′s I的基本原理如下：



其中，Ai表示第i地区观测值（本文为州（市）农林牧渔总产值），n为地区总数，是各州（市）农林牧渔总产值的方差，

表示各州（市）农林牧渔总产值的平均值，Wij为空间权重矩阵[[5]](#footnote-5)。Moran′s I的取值范围为[-1，1]之间，当Moran's I>0时，表明区域间农业经济增长存在空间正相关，反之相反，当Moran's I=0时，表明空间上呈随机分布。不同地区经济增长模式可以根据Moran's I散点图分布，形成四种象限的经济增长模式，其中，第一、三象限表示相似地区的空间关系，第二、四象限表示不相似地区的空间关系。

**2.模型选择**

空间面板数据模型（Spatial Panel Data Model，SPDM）是在普通面板数据模型的基础上考虑空间效应，加入被解释变量的空间滞后项或随机扰动项中存在空间滞后项的模型。它不仅克服了空间计量经济模型中横截面数据不能满足大样本渐进性和没有考虑空间异质性存在的缺点，而且弥补了普通面板数据在描述空间特性时更多地强调其差异性引起的伴生参数问题，也弥补了忽视空间效应存在而产生的缺乏对空间外部性的关注等不足。因此，本文选择空间效应的空间面板数据模型（Spatial Panel Data Model，SPDM）。常见的SPDM包括空间面板滞后模型（Spatial Panel Lag Model，SPLM）和空间面板误差模型(Spatial Panel Error model，SPEM)。空间面板误差模型主要讨论不同地区的空间集聚作用，其基本表达式为：





其中，*Yit*是因变量，*X*it是自变量，*β*表示自变量X对因变量Y的影响关系，W为空间权值矩阵，*φit*为空间误差系数，表示相邻地区对本地区的影响程度，*ρ*为空间自相关系数，*μi*为正态分布的随机误差项，*εit*为随机误差项向量。空间面板滞后模型主要检验地区的溢出效应，其一般表达式为（牛鸿蕾等，2011）：



其中，X表示解释变量矩阵，δ为模型空间回归系数，WY为空间滞后因变量，为随机误差项**。**

**3.估计方法**

通过对已有文献的整理发现，研究普遍对空间面板误差模型、空间面板滞后模型采用极大似然法估计，从而避免模型结果存在有偏（聂坚等，2008）。

1. **数据来源、变量选择和模型设定**

**（一）数据来源**

本文数据来源于2009-2015年《云南统计年鉴》。现对数据进行两方面说明：第一，由于2008年《云南统计年鉴》中没有“农用地面积”和“农业用水量”两个自变量的统计数据，2009年《云南统计年鉴》中才有“农用地面积”和“农业用水量”两个自变量的统计数据。第二，2016年《云南统计年鉴》尚未发布，故选择2009-2015年《云南统计年鉴》作为数据来源。

1. **变量选择**

根据模型需要，选择Moran指数值作为被解释变量，选择乡村劳动力人数、农用地面积、农业用水量、化肥使用量、农膜使用量、农药使用量、公路通车里程等作为解释变量，相关变量基本情况如表1。

表1 模型变量的基本情况表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 变量 | | 单位 | 变量代号 |
| 解释变量 | 乡村劳动力人数 | 人 | RLAB |
| 农用地面积 | 万公顷 | ALAND |
| 农业用水量 | 亿立方米 | AWU |
| 化肥使用量 | 万吨 | AFU |
| 农膜使用量 | 万吨 | APSU |
| 农药使用量 | 万吨 | APU |
| 公路通车里程 | 万公里 | HTM |
| 被解释变量 | Moran指数值 |  |  |

**（三）模型设定**

为了验证本文基于新经济地理学理论和新经济增长理论的假设，采用双对数形式的空间面板数据模型，具体模型如下：



通过空间计量经济模型，对云南高原特色农业经济增长中乡村劳动力人数、农用地面积、农业用水量、化肥使用量、农膜使用量、农药使用量、公路通车里程等变量与农业经济增长的关系，进行空间计量分析，检验新经济地理学理论和新经济增长理论对云南高原特色农业经济增长的适用性（吴玉鸣，2007），从而得出云南高原特色农业经济增长的空间集聚及其差异，最终为推进云南高原特色农业经济增长提供政策建议。

1. **结果分析**

**（一）云南区域间农业经济增长的空间相关性分析**

本文借助R3.1.0软件，测算云南省各州市2008-2014年间农业经济增长的Moran's I值（见表2），可以发现，2008-2014年间各年度Moran's I值均大于0，总体呈震荡上升的趋势；除2009年外，云南各州市农业经济增长的Moran's I值在5%的显著性水平上表现出正的空间相关性，说明云南各地区农业经济增长在空间分布上并非是完全独立的，存在着地区间空间溢出效应，即具有较高农业经济增长的地区互相邻近，而农业经济增长的地区相互邻近。

表2 2008-2014年云南各州（市）农林牧渔业总产值的Moran's I 值

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 年份 | Moran's I | Expected | Sd | P-value |
| 2008 | 0.3311 | -0.0667 | 0.1754 | 0.0233 |
| 2009 | 0.1126 | -0.0667 | 0.1785 | 0.3153 |
| 2010 | 0.3572 | -0.0667 | 0.1737 | 0.0147 |
| 2011 | 0.2918 | -0.0667 | 0.1733 | 0.0386 |
| 2012 | 0.3272 | -0.0667 | 0.1753 | 0.0247 |
| 2013 | 0.3493 | -0.0667 | 0.1767 | 0.0186 |
| 2014 | 0.3474 | -0.0667 | 0.1767 | 0.0191 |

数据来源：作者运用R 3.1.0软件，整理计算而成。

为进一步揭示云南省不同区域农业经济增长的空间特征，笔者运用空间计量软件GeoDa1.8.10绘制了2008年和2014年云南省各州市农业经济增长的Moran's I散点图，并进行了对比分析（见图1和图2）。笔者发现，区域间农业经济增长的Moran散点图是对各州市农林牧渔业总产值及其空间滞后向量数据的可视化二维图示，该二维图的第一、三象限代表正的空间相关性，第二、四象限代表负的空间相关性（吴玉鸣，2010）。

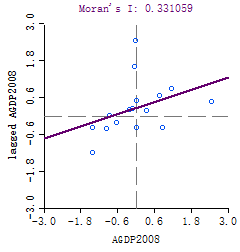
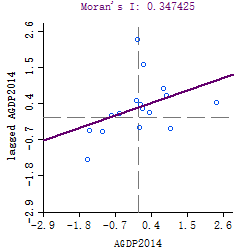


图1 2008年云南各地区农业经济增长的 图2 2014年云南各地区农业经济增长的

Moran's I散点图 Moran's I散点图

根据不同州市的Moran's I散点图分布情况可知，2008年和2014年云南省不同区域农业经济增长表现为共同的空间特征，均呈现出正向相关性。2008 -2014年间，云南各州市农业经济增长的Moran's I散点图出现了变化，象限分布如表3。

表3 2008-2014年云南各州（市）Moran's I散点图分布变化表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 象限 | 地区分布 | |
| 2008年 | 2014年 |
| 第一象限 | 曲靖、楚雄、昆明、红河、玉溪、昭通 | 曲靖、楚雄、昆明、红河、临沧、文山、普洱 |
| 第二象限 | 临沧、德宏、文山、普洱、昭通 | 昭通、玉溪、德宏、西双版纳 |
| 第三象限 | 迪庆、丽江、怒江、西双版纳 | 迪庆、丽江、怒江 |
| 第四象限 | 大理、保山 | 大理、保山 |

注：作者根据模型结果整理所成。

通过表3可知：2008-2014年，云南各州市Moran's I散点图分布变化明显。2008年曲靖、楚雄、昆明、红河、昭通和玉溪位于第一象限，2014年曲靖、楚雄、昆明、红河、临沧、文山和普洱位于第一象限；2008年临沧、德宏、文山和普洱位于第二象限，2014年昭通、玉溪、德宏和西双版纳位于第二象限；2008年迪庆、丽江、怒江和西双版纳位于第三象限，2014年迪庆、丽江和怒江位于第三象限；2008年和2014年大理和保山都位于第四象限。通过对比发现：临沧、文山、普洱从第二象限变为第一象限，西双版纳从第三象限变为第二象限，玉溪从第一象限变为第二象限，昭通从第一、二象限变为第二象限，曲靖、楚雄、昆明、红河、德宏、迪庆、丽江、怒江、大理、保山的象限没有发生变化。2008年，云南位于第一、三象限的州市有10个，位于第二、四象限的州市有7个（昭通同时位于第一、二象限）；2014年，云南位于第一、三象限的州（市）有10个，位于第二、四象限的州（市）有6个。分析发现，云南各州市农业经济表现为：相似地区的空间关系比非相似地区的空间关系更加明显，且由非相似地区的空间关系向相似地区的空间关系转变，说明云南省区域间农业经济增长存在明显的空间集聚特征。

**（二）云南区域间农业经济增长影响因素的实证分析**

为进一步研究各因素在空间上对区域间农业经济增长的影响程度，本文建立了空间面板数据模型并借助Matlab R 2014a软件进行估算。研读大量文献后，笔者将参照前人提出的模型进行检验。首先，通过Moran’s I、LM以及相应的Robust LM检验，确定模型为普通的面板数据模型是否应为SPDM模型；如果是SPDM模型，则进一步根据显著性水平确定是SPLM模型还是SPEM模型（Elhorst，2010），具体检验结果见表4。

表4 LM、Robust LM及空间自相关性检验结果

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | LMLag | LMLag\_Robust | LMError | LMError\_Robust | Moran’s I |
| 统计量 | 15.340 | 1.394 | 20.946 | 7.000 | 0.357 |
| P值 | 0.000 | 0.238 | 0.000 | 0.008 | 0.000 |

数据来源：作者运用Matlab R 2014a软件，整理而成。

分析表4可知：首先，Moran’s I为0.357，在1%的水平上显著，且P值除了LMLag\_Robust外，其余均小于0.05，说明存在空间自相关。其次，LMerror检验值大于LMlag检验值，Robust LMerror检验值大于Robust LMlag检验值，则认为空间误差面板数据模型较为合适（李春红等，2013）。考虑到本文是对云南16个州市高原特色农业经济增长的分析，所研究截面单位是特定的，选择空间固定效应模型更为合适。为了直观地进行对比分析，表5同时给出了普通面板模型（OLS）和空间误差固定效应模型（SPEM）的参数估计结果。

表5 云南各州（市）农业经济增长影响因素的模型估计结果对比

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 变量 | 普通面板模型（OLS） | |  | 空间误差固定效应模型（SPEM） | |
| 系数 | P值 |  | 系数 | P值 |
| 常数项 | 7.799\*\*\* | 0.000 |  |  |  |
| lnRLAB | -0.038 | 0.821 |  | -0.495 | 0.649 |
| lnALAND | -0.685\*\*\* | 0.000 |  | -1.316\*\*\* | 0.000 |
| lnAWU | 0.097 | 0.473 |  | 0.173 | 0.380 |
| lnAFU | 0.305\*\* | 0.017 |  | -0.282 | 0.395 |
| lnAPSU | -0.061 | 0.437 |  | 0.562\*\*\*\* | 0.001 |
| lnAPU | 0.238\*\*\* | 0.005 |  | -0.136 | 0.473 |
| lnHTM | 1.028\*\*\* | 0.000 |  | 1.999\*\* | 0.020 |
| 空间自相关系数（*ρ*） |  |  |  | 0.473\*\*\* | 0.000 |
| 调整的可决系数(R2) | 0.8816 | |  | 0.9449 | |
| 似然函数对数值 | -40.672 | |  | 11.797 | |

数据来源：作者整理而成，表中\*\*\*和\*\*表明在1%和5%的水平上是统计显著的。

分析表5可知：SPEM的拟合优度和对数似然函数值分别为0.9449和11.797，均大于OLS的0.8816和-40.672；各变量显著性水平相差不大，加上SPEM空间自相关系数为0.473，在1%水平上显著，再次说明选择SPEM是恰当的，农业经济增长确实存在地区之间的空间效应，模型估计结果接受假设2。从SPEM中还可以看出，农膜使用量和公路通车里程对各州市农业经济增长有显著的正向影响，说明模型估计结果接受假设3。农用地对各州市农业经济增长有显著的负向影响，乡村劳动力人数对云南高原特色农业经济增长的影响不显著，因此，模型估计结果拒绝了假设1。

1. **结论与政策启示**

空间计量经济模型对云南高原特色农业经济增长及其区域差异性进行实证分析，主要研究结论如下：第一，2008-2014年（除2009年），云南高原特色农业经济增长的Moran's I值在5%的显著性水平上表现出正的空间相关性，存在空间溢出效应，即具有较高农业经济增长的地区互相邻近，而低农业经济增长地区与低农业经济增长地区相互邻近，这符合云南高原特色农业经济发展情况。第二，云南高原特色农业经济增长表现为相似地区的空间关系比不相似地区的空间关系更加明显，且由不相似地区的空间关系向相似地区的空间关系转变。第三，使用SPEM对影响云南高原特色农业经济增长和集聚的因素分析后认为，农膜使用量和公路通车里程对云南高原特色农业经济增长有显著的正向影响，农用地对云南高原特色农业经济增长有显著的负向影响，其它变量对云南高原特色农业经济增长影响不显著。

基于上述结论，本文提出如下政策启示：

第一，加强各州市的空间联系，强化相邻地区之间的农业经济协同合作发展。加大对不发达地区的农业投入，促进不发达地区的农业产业结构调整和优化，实现各州农业经济协调发展，缩小各州市农业经济发展的差距，充分发挥云南高原特色农业经济集聚效应和溢出效应。

第二，加大基础设施建设，完善地区交通网络建设。云南各州市应该加大基础设施投资，既要增加公里通车里程，又要实现公路质量升级。同时，加快云南省内的航空和铁路等建设，提高农产品物流效率，降低云南高原特色农业的运输成本，加快农业信息、人才交流速度，最终达到加快云南高原特色农业要素集聚、促进云南高原特色农业经济快速增长的目的。

第三，增加先进农业生产技术的研发和推广。云南干湿气候分明，使用农膜作为保温保湿的先进农业生产技术，对云南高原特色农业经济增长具有显著的正相关。加强先进农业生产技术的研发和推广，特别是高原抗旱、防冻、防涝等农业技术，适应云南极端气候和垂直气候特点，促进云南高原特色农业经济稳定增长。

第四，优化农用地使用结构，提高农用地使用效率。由于农用地使用面积与云南高原特色农业经济增长呈现显著的负相关关系，通过转变农用地生产方式，提高农用地单位面积产量，减少农用地使用面积，提高农用地使用效率，实现农用地集约化生产，将有效推进云南高原特色农业经济增长。

**参考文献**

[1]普雁翔、赵鸭桥、宋丽华.云南高原特色农业发展的两种路向及其融汇[J].云南农业大学学报:社会科学版,2013,7(3):6-10

[2]王荧、高慧玲.云南高原特色农业发展模式探讨[J].现代农业科技,2014(6):311-312

[3]陈光华.云南高原特色农业现状与对策[J].农业与技术,2016,36(9):136-137

[4]董晓波、陈良正、阳茂庆.云南高原特色农业比较优势研究[J].中国农学通报,2016(12):175-182

[5]袁媛、李学林、董晓波.以创意农业助推云南高原特色农业发展的思考[J].江西农业学报,2013,25(5):132-135

[6]张雁、王磊.集聚经济学理论及文献的简要回顾[J].西南民族大学学报人文社科版,2005,26(5):61-63

[7]汪彩君、徐维祥、唐根年.要素空间集聚与区域经济增长研究综述[J].经济学动态,2011(9):138-141

[8]吴玉鸣、徐建华.中国区域经济增长集聚的空间统计分析[J].地理科学,2004,24(6):654-659

[9]高鸣、宋洪远.粮食生产技术效率的空间收敛及功能区差异-兼论技术扩散的空间涟漪效应[J].管理世界,2014(7):83-92

[10]吴玉鸣.县域经济增长集聚与差异:空间计量经济实证分析[J].世界经济文汇,2007(2):37-57

[11]李春红、文利霞、黄登香.基于空间面板数据模型的区域经济增长研究[J].广西科学院学报,2013,29(4):265-268

[12]牛鸿蕾、江可申.我国纺织业集聚分布格局及其影响因素的空间面板数据分析[J].数理统计与管理,2011,30(4):571-584

[13]聂坚、孙克.中国人口出生性别比的空间计量分析[J].人口与发展,2008,14(6):21-26

# 国家第五轮集成示范甘蔗新品种在前进示范县的表现与种性评价

杨运萍 \*刘建荣 李海忠 蔡健 陈梅珠

广前糖业有限公司农科所 广东省湛江农垦科学研究所

**摘 要** 为了解国家甘蔗产业体系第五轮新品种在湛江农垦综合试验站前进示范县的种性表现，为新品种的引进与示范提供依据，于2016-2017年对来自广东、广西、云南福建省区的11个甘蔗新品种进行1年新植1年宿根的品种比较试验。结果表明：粤甘43和海蔗22这两个品种表现出高产高糖特性，在宿根性能，抗病虫性等多个性状优于对照品种柳城05-136，适宜在湛江地区推广种植。福农09-4095可作为强宿根、高产稳产、高抗品种进一步用于示范推广。其他参试品种在产量等综合表现方面不及对照品种柳城05-136，不宜在前进示范县大面积种植。

**关键词** 甘蔗；新品种；前进示范县；比较试验；种性

Performance and Evaluation on the Characteristic of the New Sugarcane Varieties for the National Fifth Integration and Demonstration in Qianjin County

YANG Yun-ping, LIU Jian-rong, LI Hai-zong, CAI Jian, CHEN Mei-zhu

**Abstract:** In order to evaluation the performance of the sugarcane new varieties and provide the reference for introduction and demonstration, the two years trial in succession for these 11 varieties, which were respectively derived from Guangdong, Guangxi, Yunnan and Fujian, was carried out in Qianjin county of Integrated Site of Zhanjiang State Farm during 2016 and 2017. Results showed that both Yuegan43 and Haizhe22 had higher cane and sugar yields, stronger ratooning ability and better resistance to disease and pest than the check variety Liucheng05-136, and both of them could be planted in Zhanjiang sugarcane area. Funong09-4095 could be considered to continue to test and demonstrate further for its strong ratooning ability, high and stable yield, and good resistance. The other tested varieties were poorer than the CK in yield, sucrose content, ratooning ability, etc. And it may not be proper to plant them in Qianjin county.

**Keywords:** Sugarcane; New Variety; Qianjin County; Compared trial; Characteristic

**前言**

广东省是我国食糖消费量排名第一的省份，湛江蔗区则是广东省蔗糖产业的主要生产地，湛江地区甘蔗种植面积占广东省甘蔗总面积的82%，蔗糖产量占全省的89%，湛江甘蔗产业经过多年发展壮大，已经成为“三农”的支柱产业之一[1]。但相比外国发达的甘蔗种植国家，我国甘蔗的优良品种更新太慢，品种的老化和退化现象非常严重，给甘蔗生产带来许多安全隐患，从而导致制糖成本上升[2]。为了筛选出高产稳产、高糖、多抗、宿根性好以及适合机械化种植的优良甘蔗品种，于2016-2017年对桂糖40、桂糖44、柳城07-150、柳城07-536、云蔗09-1601、云蔗08-1609、福农07-3206、福农09-4095和海蔗22共11个新品种进行了“一新一宿”的品种比较试验，以明确这些品种的种性表现，为其在该蔗区和其他同类型蔗区的种植推广提供参考。

**1 试验材料和方法**

**1.1 供试品种**

供试品种共12个，为体系第五轮甘蔗品种桂糖40号、桂糖44号、粤甘43号、粤甘46号、云蔗09-1601、云蔗08-1609、云蔗09-1601、柳城07-150、柳城07-536、福农07-3206、福农09-4095、海蔗22号和柳城05-136（对照）。

**1.2 供试土壤性状**

试验地土壤为砖红壤，基本农化性状为：pH值4.77，有机质含量20.81g/kg，碱解氮79.46mg/kg，速效磷69.96mg/kg，速效钾272.00mg/kg。

**1.3 试验设计**

试验于2016年3月24日在前进示范县农科所37号地块进行，试验地前茬为甘蔗，按旋耕→二铧犁→旋耕→开沟的工序进行耕作。试验采用小区互比试验法，每小区5行，行距1.0米，每行13.3米共66.7m2，3次重复，共8644m2，试验地周围设保护行，各小区田间管理方法一致，各个小区施肥量相同。具体施肥量为施基肥尿素10kg/667m2，过磷酸钙150kg/667m2，氯化钾5kg/667m2，追肥施尿素25kg/667m2，氯化钾30kg/667m2。

**1.4 试验测定项目**

根据试验进度安排，测定萌芽率、发株率（宿根）、有效分蘖率、株高、生长速度等生长期农艺性状，进入工艺成熟期，测定667m2有效茎数、茎径、虫节率、产量、田间锤度和压榨糖分等性状。

**1.5 数据处理**

数据处理采用Excel2000和JMP7.0进行处理。

**2 结果分析**

**2.1不同甘蔗品种产量的比较**

从表1可以看出：在新植试验中，12个参试品种中产量最高的是福农09-4095，产量为7.57吨/667m2，其次是海蔗22，产量为7.18吨/667m2，但二者差异不显著；福农09-4095与对照品种柳城05-136相比增产0.91吨，增幅达13.66%，差异显著，粤甘46产量最低，为5.02吨/667m2与对照相比减产1.64吨，减幅达24.62%，呈显著水平；桂糖40、桂糖44、粤甘46、云蔗09-1601和福农07-3206的产量均低于对照品种柳城05-136，均达到显著水平。在宿根试验中，产量排名前三的品种分别是福农09-4095、粤甘43、桂糖40，产量分别为7.46吨/667m2、6.96吨/667m2、6.88吨/667m2，比对照品种均由增产但差异未达显著水平；产量最低的是粤甘46，为4.93吨/667m2，显著低于对照品种柳城05-136的产量6.76吨/667m2，减产1.83吨，减幅达27.07%。新植宿根总平均产量中福农09-4095、粤甘43、云蔗08-1609的产量超过对照品种柳城05-136，只有福农09-4095达到显著水平，海蔗22和对照产量一样，桂糖44、粤甘46、云蔗09-1601、柳城07-536和福农07-3206低于对照品种，达显著水平。

表1不同甘蔗品种产量的差异分析

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 品种 | 新植产量（吨/667m2） | 宿根产量（吨/667m2） | 新宿平均产量（吨/667m2） |
| 桂糖40 | 5.82±0.09d | 6.88±0.45abc | 6.35±0.18cde |
| 桂糖44 | 5.71±0.08d | 6.16±0.40cd | 5.93±0.24def |
| 粤甘43 | 6.99±0.22bc | 6.96±0.58ab | 6.97±0.30b |
| 粤甘46 | 5.02±0.21e | 4.93±0.27f | 4.98±0.17g |
| 云蔗09-1601 | 5.35±0.04de | 6.52±0.24ef | 5.28±0.35f |
| 云蔗08-1609 | 7.02±0.16bc | 5.21±0.72bcd | 6.76±0.2bc |
| 柳城07-150 | 6.52±0.37c | 6.26±0.19bcd | 6.39±0.27cd |
| 柳城07-536 | 6.49±0.68c | 5.15±0.69f | 5.82±0.54g |
| 福农07-3206 | 5.77±0.18d | 5.94±0.06de | 5.86±0.07ef |
| 福农09-4095 | 7.57±0.52a | 7.46±0.53a | 7.51±0.47a |
| 海蔗22 | 7.18±0.41ab | 6.25±0.06bcd | 6.71±0.20bc |
| 柳城05-136 | 6.66±0.17bc | 6.76±0.60abc | 6.71±0.32bc |

注：表中不同小写字母表示差异显著（α=0.05），下同。

2.2不同甘蔗品种667m2产糖量的比较

各品种667m2产糖量的变化趋势与甘蔗产量的相近。由表2可知：在新植试验中，粤甘43和海蔗22的产糖量高于对照柳城05-136，产糖量分别为1038.20kg/667m2和1099.38kg/667m2，柳城05-136的产糖量为1023.50kg/667m2，但未达到显著水平；云蔗08-1609、柳城07-150和福农09-4095的产糖量分别为1000.45kg/667m2、939.27kg/667m2和989.38kg/667m2，这三个品种的产糖量稍低于对照品种，未到达显著水平；其余品种的产糖量均显著低于对照品种，其中粤甘46的最低，减幅达33.82%。在宿根试验中，粤甘43的产糖量为1125.61kg/667m2，对照品种柳城05-136的产糖量为1059.54kg/667m2，相比之下粤甘43增产66.07kg，增幅为6.24%；桂糖40、桂糖44、云蔗08-1609、柳城07-150、福农09-4095和海蔗22的产糖量分别为985.21 kg/667m2、941.07 kg/667m2、992.28 kg/667m2、993.89 kg/667m2、1035.85 kg/667m2和979.59 kg/667m2，均低于对照品种，但未达显著水平；其余品种的产糖量显著低于对照品种，其中粤甘46的最低，减幅达30.95%。从新植宿根平均值来看，粤甘43的产糖量高于对照品种，但未达到显著水平；云蔗08-1609、柳城07-150、福农09-4094和海蔗22的产糖量低于对照品种柳城05-136，未达显著水平；其余品种的产糖量显著低于对照品种，粤甘46最低，减幅达32.36%。

表2 不同甘蔗品种667m2产糖量的差异分析

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 品种 | 新植产糖量（kg/667m2） | 宿根产糖量（kg/667m2） | 新植宿根平均值（kg/667m2） |
| 桂糖40 | 835.73±51.33e | 985.21±77.32abc | 910.47±26.44cd |
| 桂糖44 | 888.02±24.25de | 941.07±62.94bcd | 914.54±38.07cd |
| 粤甘43 | 1038.20±63.2ab | 1125.61±165.82a | 1081.90±107.94a |
| 粤甘46 | 677.35±31.47f | 731.62±44.32e | 704.49±30.97g |
| 云蔗09-1601 | 798.09±14.63e | 809.85±113.85de | 803.97±61.91ef |
| 云蔗08-1609 | 1000.45±39.24bc | 992.28±78.92abc | 996.37±53.31abc |
| 柳城07-150 | 939.27±89.09cd | 993.89±48.47abc | 966.58±67.64bc |
| 柳城07-536 | 829.08±87.93e | 704.67±96.85e | 766.86±58.75fg |
| 福农07-3206 | 814.41±72.52e | 905.51±27.88cd | 859.96±38.06de |
| 福农09-4095 | 989.39±46.71bc | 1035.85±59.94abc | 1012.62±31.33ab |
| 海蔗22 | 1099.38±36.54a | 979.59±29.22bc | 1039.49±3.77ab |
| 柳城05-136 | 1023.50±29.09abc | 1059.54±105.7ab | 1041.52±58.25ab |

**2.3不同甘蔗品种糖分的比较**

如表3所示，糖分为全期平均糖分的平均值，宿根甘蔗糖分普遍高于新植蔗。由表3可知：在新植试验中，糖分最高的品种是桂糖44，糖分为15.56%，柳城05-136的糖分为15.36%，相差0.2个百分点，未达显著水平；粤甘43、云蔗09-1601和海蔗22的糖分分别为14.86%、14.93%和15.33%，与对照品种相比差异不显著；其余品种的糖分均显著低于柳城05-136，其中糖分最低的品为柳城07-536，糖分为12.77%，比柳城05-136低了2.59个百分点。在宿根试验中，粤甘43、柳城07-150和海蔗22的糖分分别为16.11%、15.88%和15.68%，均高于对照品种，对照品种柳城05-136的糖分为15.67%，差异未达到显著水平；桂糖40、粤甘46、云蔗09-1601、云蔗08-1609和福农07-3206的糖分均低于对照品种柳城05-136，但差异未达到显著水平；其余品种糖分显著低于对照品种柳城05-136，其中柳城07-536的糖分最低，为13.69%，与对照相差1.98个百分点。从新植宿根平均值来看，糖分较高的品种为桂糖44、粤甘43、云蔗09-1601、柳城07-150和海蔗22，糖分分别为15.43%、15.49%、15.24%、15.13%和15.51%，对照品种柳城05-136的糖分为15.52%，它们与对照品种的糖分差异并不显著；其余品种的糖分均显著低于柳城05-136，其中最低的为柳城07-536，糖分为13.23%，与对照相差了2.29个百分点。

表3 不同甘蔗品种糖分的差异分析

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 品种 | 新植糖分（%） | 宿根糖分（%） | 新宿糖分平均值（%） |
| 桂糖40 | 14.37±0.73cd | 14.31±0.5abc | 14.34±0.11d |
| 桂糖44 | 15.56±0.26a | 15.30±0.76cde | 15.43±0.27ab |
| 粤甘43 | 14.86±0.67bc | 16.11±1.12a | 15.49±0.9a |
| 粤甘46 | 13.49±0.08ef | 14.84±0.28bcd | 14.16±0.17de |
| 云蔗09-1601 | 14.93±0.34abc | 15.55±0.03ab | 15.24±0.19abc |
| 云蔗08-1609 | 14.26±0.53cd | 15.21±0.66abc | 14.73±0.45bcd |
| 柳城07-150 | 14.38±0.57cd | 15.88±0.29a | 15.13±0.42abc |
| 柳城07-536 | 12.77±0.34g | 13.69±0.35e | 13.23±0.23f |
| 福农07-3206 | 14.09±0.89de | 15.24±0.49abc | 14.67±0.5cd |
| 福农09-4095 | 13.08±0.27fg | 13.91±0.89de | 13.50±0.57ef |
| 海蔗22 | 15.33±0.39ab | 15.68±0.49ab | 15.51±0.41a |
| 柳城05-136 | 15.36±0.07ab | 15.67±0.18ab | 15.52±0.12a |

**2.4不同甘蔗品种主要的农艺性状的比较**

表4中的分蘖率、株高、茎径和667m2有效茎数是新植宿根平均值。由表4可知：新植萌芽率最高的是福农07-3206，萌芽率为75.00%，最低为福农09-4095，萌芽率为52.33%，对照品种柳城05-136，萌芽率为55.00%，所有参试品种出来福农09-4095的萌芽率低于对照，其他品种的萌芽率均高于对照品种；宿根发株率最高的品种是桂糖44，发株率是101.15%，对照品种柳城05-136发株率为98.19，除了桂糖44高于对照品种，其他品种的发株率均低于对照品种，最低的品种是粤甘46，发株率为43.25%；所有品种的分蘖率都高于对照品种柳城05-136，对照品种的分蘖率为124.03%；株高方面，除了柳城07-150和福农09-4095高于对照，其他品种均不及对照；茎径方面，粤甘43、粤甘46、云蔗09-1601、云蔗08-1609、柳城07-536和海蔗22的茎径大于对照品种，其他品种均小于对照品种；在有效茎条数方面，桂糖40、桂糖44、福农09-4095和海蔗22的667m2有效茎数分别为4508条、4467条、4610条和4383条，显著高于对照品种柳城05-136，有效径数为3470条，但这四个品种间的差异不显著，其余品种与对照品种相比差异不显著。

表4 不同甘蔗品种主要农艺性状表现

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 品种 | 萌芽率(%) | 发株率(%) | 分蘖率(%) | 株高(cm) | 茎径(cm) | 667m2有效茎数（条） |
|  |  |  |  |  |  |  |
| 桂糖40 | 65.00 | 93.52 | 157.29 | 280.63 | 2.54 | 4508±192a |
| 桂糖44 | 73.00 | 101.15 | 148.10 | 295.37 | 2.50 | 4467±344a |
| 粤甘43 | 68.00 | 97.50 | 139.74 | 288.94 | 2.71 | 3738±119bc |
| 粤甘46 | 67.67 | 43.25 | 177.64 | 253.21 | 2.71 | 3105±28c |
| 云蔗09-1601 | 59.67 | 76.37 | 158.36 | 293.51 | 3.12 | 3420±268b |
| 云蔗08-1609 | 71.33 | 90.11 | 143.45 | 286.99 | 2.75 | 3627±111b |
| 柳城07-150 | 67.33 | 89.63 | 133.86 | 320.58 | 2.53 | 3602±93b |
| 柳城07-536 | 68.00 | 76.97 | 136.84 | 311.29 | 2.74 | 3376±170bc |
| 福农07-3206 | 75.00 | 88.11 | 135.75 | 304.56 | 2.54 | 3598±122b |
| 福农09-4095 | 52.33 | 94.87 | 151.06 | 323.50 | 2.49 | 4610±175a |
| 海蔗22 | 74.00 | 93.29 | 133.24 | 286.33 | 2.66 | 4383±464a |
| 柳城05-136 | 55.00 | 98.19 | 124.03 | 316.22 | 2.64 | 3470±155bc |

**2.5不同甘蔗品种田间抗性和其他性状比较**

表5中的抗性指标均为新植宿根平均值。从表5可以看出：所有参试品种在整个生长期都不同程度受到螟虫为害，其中柳城07-150的枯心苗率低于对照品种柳城05-136，其他品种枯心苗率均高于对照品种；虫节率最高的品种是云蔗09-1601，其虫节率为46.54%，最低的品种为福农09-4095，其虫节率为15.08%，对照品种柳城05-136的虫节率为23.45%，除了福农07-3206、福农09-4095和海蔗22的虫节率低于对照品中，其余品种的虫节率均高于对照品种；风折情况，所有新品种的风折率均高于对照品种；黑穗病发病最严中的品种是云蔗08-1609，黑穗病率为26.57%，柳城07-150未见感染黑穗病，黑穗病率低于对照的品种有粤甘43、粤甘46、柳城07-150和海蔗22，其他品种的黑穗病率高于对照；稍腐病感染情况，发病情况最严重的品种是云蔗08-1609，稍腐病率为9.00%，其他品种包括对照发病率都较低；除桂糖40、桂糖44、云蔗09-1601和云蔗08-1608在本地区抽穗开花外，其他品种未见抽穗开花。

表5不同甘蔗品种抗性表现及其他性状比较

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 品种 | 枯心苗率（%） | 虫节率（%） | 风折率（%） | 黑穗病率（%） | 稍腐病率（%） | 开花情况 |
| 桂糖40 | 3.61 | 32.56 | 3.15 | 2.96 | 2.00 | 开花 |
| 桂糖44 | 3.27 | 38.22 | 0.95 | 3.49 | 1.50 | 开花 |
| 粤甘43 | 3.63 | 26.15 | 1.80 | 0.95 | 1.00 | 未开花 |
| 粤甘46 | 3.22 | 35.45 | 0.75 | 0.78 | 1.50 | 未开花 |
| 云蔗09-1601 | 3.79 | 46.54 | 4.45 | 2.78 | 2.00 | 开花 |
| 云蔗08-1609 | 2.09 | 39.30 | 1.50 | 26.57 | 9.00 | 开花 |
| 柳城07-150 | 1.39 | 42.94 | 0.80 | 0.00 | 1.00 | 未开花 |
| 柳城07-536 | 3.83 | 36.97 | 0.85 | 2.76 | 1.00 | 未开花 |
| 福农07-3206 | 3.37 | 20.14 | 3.65 | 7.59 | 5.00 | 未开花 |
| 福农09-4095 | 3.47 | 15.08 | 2.00 | 2.79 | 1.00 | 未开花 |
| 海蔗22 | 2.73 | 21.16 | 1.75 | 1.86 | 1.00 | 未开花 |
| 柳城05-136 | 1.87 | 23.45 | 5.50 | 2.19 | 1.00 | 未开花 |
|  | | | | | | |

**3 结论与讨论**

经过1年新植和1年宿根的品种比较试验，粤甘43和海蔗22这两个品种表现出高产高糖特性，在宿根性能，抗病虫性等多个性状优于对照品种柳城05-136，适宜在湛江的广前蔗区和麻章的湖光蔗区推广种植，广前蔗区与湖光蔗区气候与土壤特性相近。福农09-4095可作为强宿根、高产稳产、高抗品种进一步用于示范推广。其他参试品种在产量等综合表现方面不及对照品种柳城05-136，不宜在广前蔗区大面积种植。但湛江的丰收蔗区和华海蔗区、幸福蔗区与广前蔗区气候有较大不同，丰收、华海、幸福春季较干旱，冬季雾水天气较多，而广前、湖光蔗区春季有雨水，这些品种是否适合在其他三个蔗区，有待在相应的蔗区做试验观察。各个品种在前进示范县的种性和生产性能表现综述如下。

粤甘43为高产高糖品种，在本试验中，粤甘43植株中等高度、中大茎，新植萌芽率和分蘖率一般，宿根发株率高，宿根能力强，有效茎多，抗病性、抗虫性、抗风性较强，适合机械化种植管理。产量、产糖量、糖分均高于对照，在本地区不开花。建议此品种在本地区栽培时可适当延长宿根年限，达到降低成本、提高效益的目的。

海蔗22[3]表现为高糖高产稳产的特性，在本试验中，海蔗22植株中等高度、中大茎，新植萌芽率和宿根发株率高，分蘖率一般，宿根能力强，有效茎多与对照品种，抗病性、抗虫性、抗风性强，适合机械化种植管理和收获。产量、产糖量、糖分与对照品种相比稍低，但差异不显著，该品种可以在前进示范县推广种植。

福农09-4095表现为高产稳产宿根性能好的特性，植株高大直立，中等茎种，虽然新植萌芽率稍低，但宿根发株率高，分蘖强，宿根能力强，有效茎数是所有品种中最多的，抗病性、抗虫性、抗风性强，适合机械化种植管理和收获。不论是新植还是宿根产量均高于对照品种，差异显著，稳产性好，但糖分较低福农09-4095可作为强宿根、高产稳产、高抗品种在本地区进一步用于示范推广。

桂糖40植株中等高度，中等茎种，虽然新植萌芽率一般，但宿根发株率高，分蘖强，宿根能力强，有效茎数多，高于对照，差异显著，抗病性强，抗虫性差，抗风能力一般。宿根产量高于新植产量，也高于于对照品种，差异不显著，糖分不高，在本地区有抽穗开花的情况。该品种可作为宿根性强，抗病性强的育种材料加以研究利用。

桂糖44植株中等高度，中等茎种，新植萌芽率高，宿根发株率高，分蘖强，宿根能力强，有效茎数多，高于对照，差异显著，抗病性强，抗虫性差，抗风强。不论新植还是产量低于于对照品种，差异显著，糖分高，和对照相比差异不显著，可作为高糖宿根性强，抗病性强的品种做进一步示范试验，管理上应注意及时防治螟虫，也可以作为育种材料加以研究利用。

粤甘46植株中等高度，中大茎种，新植萌芽率一般，宿根发株率最低，分蘖率最高，宿根性能差，有效茎数最少，与对照相比，差异显著。抗病性强，抗虫性差，抗风强。不论新植还是产量和糖分都是最低，与对照相比差异显著，该品种是所有参试品种中表现最差的品种，不宜在前进示范县大面积推广种植。

云蔗09-1601植株高大，大茎种，萌芽率稍低，宿根发株率高，分蘖强，但有效茎条数少，与对照相比差异显著，宿根性差。抗虫性差，抗病性较强，抗风能力差。新植宿根产量都低于对照，差异显著，糖分高，但与对照相比差异不显著，在本地区有抽穗开花情况。该品种不宜在前进示范县大面积繁殖推广。

云蔗08-1609植株高大，中大茎种，萌芽率高，宿根发株率高，分蘖强，有效茎条数中等，与对照相比差异不显著，宿根性一般。抗虫性差，抗风能力强，易感染黑穗病和稍腐病。新植产量都高于对照，差异不显著，糖分一般，在本地区有抽穗开花的情况。该品种不宜在前进示范县大面积繁殖推广。

柳城07-150植株高大，中等茎种，萌芽率、宿根发株率、分蘖率较低，有效茎数中等，宿根性能一般。抗虫能力差，抗风抗病能力强。产量和糖分稍低于对照品种，但差异不显著。可作为高产高糖，抗风抗病性强的品种做进一步示范试验，管理上应注意及时防治螟虫，也可以作为育种材料加以研究利用。

柳城07-536植株高大，中等茎种，萌芽率、宿根发株率、分蘖率较低，有效茎数中等，宿根性能一般。抗虫能力差，抗风抗病能力强。宿根产量低于对照品种，差异显著，糖分低于对照品种差异显著。该品种不宜在前进示范县大面积繁殖推广。

福农07-3206植株高大，中等茎种，萌芽率、宿根发株率、分蘖率较低，有效茎数中等，宿根性能一般。病虫害抗性及抗风能力一般。不论新植还是宿根产量都低于对照品种，差异显著，糖分稍低于对照品种，差异不显著。该品种不宜在前进示范县大面积繁殖推广。

**参考文献**

[1] 赵龙,陈光,阳慈香等.湛江农垦甘蔗机械化收获现状及对策[J].农垦机械化.2017,1:105-106,109.

[2] 吴多广,吴建涛,王勤南.我国甘蔗生产成本及产业竞争力浅析[J].甘蔗糖业.2017,5:23-25.

[3] 周峰,刘壮,张伟等.海蔗22号及其亲本抗旱性初探[J]. 甘蔗糖业.

2018,1:7-11.

# 提质量 创品牌 增效益 着力增加绿色优质安全农产品供给

苏智伟

广东省农垦集团公司（农垦总局），广东广州，510612

**摘 要** 阐述了广东农垦坚持以推进农业供给侧结构性改革为主线，以质量为导向，加快农业转型升级，经济提质增效，大力推进质量兴农、绿色兴农、品牌强农战略，全面提升农业绿色化、优质化、特色化、品牌化水平的做法以及下步的思考。

**关键词** 质量兴农；品牌强农；转型升级；提质增效

广东农垦贯彻落实中央对农垦的改革发展精神，围绕实施乡村振兴战略，以保障国家战略资源与城市安全食品有效供给为己任，坚持创新、协调、绿色、开放、共享的发展理念，深入推进“农业质量年”活动，扎实做好农产品质量安全工作，大力实施质量兴农、绿色兴农、品牌强农战略，提质量，创品牌，增效益，着力增加绿色优质安全农产品供给，为争创全国农垦改革发展先行示范区、加快打造国际化的大型现代农业企业集团提供支撑。

一、推进标准化生产基地建设，提高农业供给质量

垦区推行按标生产，加强产地环境治理和生产源头管控，不断提高农业标准化水平和绿色安全优质农产品供给能力。

**一是转变发展理念。**广东农垦发展定位在原有国家战略资源板块的基础上，提出“城市安全食品供给”新的发展板块，把城市安全食品供应作为既是农业国家队的责任，又是企业市场化发展的需要。编制了蔗糖、粮油、畜禽、乳品、果蔬等发展规划。在基地建设、绿色发展、质量管控、科技支撑、品牌打造、市场拓展等方面进行了统筹安排。制定了《关于加快垦区优质高效特色农业发展的意见》，突出优质安全绿色导向，进一步建立健全覆盖各产业，涵盖产加储运销全过程的农业标准体系，明确了目标任务、推进路径、责任分工。

**二是优化产地生态环境。**垦区按照农业高质量发展要求，坚持绿色生态导向，开展雷州半岛热带雨林生态修复，坚持油茶生态种植模式；推广果沼畜、菜沼畜水肥一体化综合种养生产模式，推动种养一体结合循环发展；开展耕地土壤环境质量监测和类别划分，在湛江、茂名、阳江建设3个有机肥厂，建立起较健全的测土、配方、产肥、供肥和施肥体系，确保“第一车间”源头安全，广垦果蔬基地获得广东省各级政府“阳光厨房”认证，是广东省学校饭堂食材的主要供应商；扩大轮作休耕制度及土地治理规模，不断提升垦区耕地质量。

**三是推进农业标准化。**近年来，垦区建设了一批省部级农业标准示范园（区、场），其中，国家现代农业示范区1个，全国农业标准示范农场4家，农业部热作标准化生产示范园14个，对垦区主产业发展起到了良好的示范带动作用。推动菠萝、火龙果、红江橙、番石榴等15个优质水果种植基地建设，抓好农产品质量转型省级，对垦区种植的农产品全面实施统一规划、统一品种、统一技术规程、统一投入品、统一包装认证、统一品牌和销售管理模式。今年上半年，在菠萝市场滞销低迷甚至烂市的情况下，湛江垦区生产的“金菠萝”、台农16号、17号菠萝实施标准化的管理和投入，市场销售价格远高于当地普通菠萝价格，且供不应求，受到广大消费者的欢迎，并得到广东省、湛江市政府和中央、省市新闻媒体的广泛关注和高度认可，实现了优质优价。广垦畜牧集团养殖基地获港澳食环暑认证，成为供港澳活猪的主要供应商，占供港活猪的20%。

**四是加大科技支撑力度。**整合垦区科技资源，组建设立广东农垦热带农业研究院，创建广垦畜牧工程研究院、燕塘乳业技术创新实验室等科技机构，垦区科技创新体系进一步完善。开展红江橙脱毒种苗技术研究，菠萝、油茶、火龙果等新品种的引进试种推广，确保种苗的纯度和质量。与科研院校、产业体系、专家团队等联合攻关，解决生产及产业发展的问题。广垦糖业集团纳米级膜法制糖技术中试成功颠覆了传统碳酸法和亚硫酸法制糖工艺，制糖业有望告别硫磺、磷酸与石灰等化工辅料，实现纯物理过程生产绿色高品质液态糖，具有里程碑意义。

二、加强物流体系建设，保证流通环节质量

**一是构建产业物流体系。**燕塘乳业公司构建了从牧场到餐桌的全程质量管理和冷链物流，保证了乳制品储存、销售环节的质量安全，牢牢占据广东地区五成的鲜奶市场，成为华南地区规模最大的乳制品企业；广垦畜牧集团在广州、东莞拥有低温、急冻冷库、冷藏车，具备每日分割配送生猪2000余头的能力，成为珠江三角地区最大的肉品冷链配送企业之一；广垦绿色农产品公司成立了专门的供应链管理公司，提高物流效率，有效控制成本，在珠三角逐步建立和完善供应链网络，垦区电商业务发展迅速。

**二是布局农产品物流板块。**设立广垦辰禧国际农产品物流投资公司，在安徽滁州、广东茂名落地建设了2个现代化农产品批发市场和物流园项目，形成区域农产品批发交易和大流通功能。同时，广东、黑龙江、天津、湖北、广西、安徽、山东等7个垦区共同发起组建“中垦国际农产品物流投资股份有限公司”，充分发挥全国农垦在优质安全农产品和食品供应领域的综合优势，共同打造一个开放共享、自主可控的安全农产品流通平台，以安全农产品线上线下交易服务为一体、以农产品交易信息服务和产业金融服务为两翼，致力于开展垦区、行业和产业资源整合、项目投资孵化、商贸物流合作，协同发展城市安全食品供应链服务、大宗农产品贸易、产业金融服务等产业生态圈，打通农垦“大生产+大流通”全产业链，最终建设成为一个立足粤港澳大湾区、辐射全国、面向全球的农产品流通网络，促进垦区一二三产业融合发展。另外，我们正在规划发展一家农产品现货交易所，开发农产品交易价格指数，引领农产品流通和生产新秩序。

**三、强化农产品质量安全监管**

以质量追溯体系建设为抓手，加强产地环境保护、源头治理和生产过程监管，实施严格的农业投入品使用管理制度。广东农垦是最早推行农垦农产品质量追溯制度的垦区之一，红江橙、番石榴、火龙果、菠萝、蒸青绿茶、华煌红茶、菠萝罐头以及食用油、白砂糖、生猪、乳制品等主要食用农产品已基本实现质量追溯全覆盖，统一实行“信息可查询、流向可跟踪、责任可追究”的监管模式，燕塘乳业公司荣获了“广州市市长质量奖”荣誉。建立了广东广垦农产品质量安全检测中心和生猪、水果等县级质检站，对食用农产品实行统一抽检抽查管理，确保农产品不发生重大质量安全事故，垦区农产品质量安全监管水平迈进了国内领先行列。

**四、抓市场推广，提升广垦品牌知名度和影响力**

品牌是衡量现代企业竞争力的重要指标之一。垦区在抓好质量、绿色发展的同时，致力于广垦品牌的打造和宣传推广。

**一是组团参会显成果。**参加中国国际农产品交易会、广东省现代农业博览会、东盟博览会等各类重要展会和专业展会，宣传展示垦区建设“国家现代农业的示范区、城市安全食品生产保障基地”的丰硕成果。番石榴、鲜牛奶、白砂糖、菠萝罐头等产品多次获中国国际农产品交易会参展农产品金奖。

**二是打造品牌塑形象。**燕塘乳业通过策划参与并摘得广州市百年花市标王、举办爱在盛夏等活动，开通燕塘乳业微信公众号，实施线上线下联动，品牌传播效果显著。广垦畜牧黑加宝猪肉在中国农交会、中国养猪产业博览会、广东种业博览会、广东现代农博会等大型展会上现场宣传推广，获全国消费者放心满意品牌、中国生猪业风云榜年度品牌猪肉等殊荣。广垦粮油旗下的广垦嘉益、广垦长晟、广垦华粮加强与佳鲜农庄的合作，持续进行店外推广活动，进一步提升品牌知名度。广垦旅游集团依托互联网+、手机APP、微信、微博、第三方合作平台等新型销售渠道，拓宽酒店客源，形成线上线下融合、散客团体互补的客源结构体系。华煌茶叶、名富番石榴、燕塘乳业分获广东名茶、名果、名奶荣誉称号。

**三是举办论坛扩影响。**今年，我们先后举办了“全球天然橡胶发展（广州）论坛”“新时代中国奶业发展论坛”“智造时代乳业全产业链发展论坛”“食品放心工程示范基地”落成暨国际战略合作签约仪式行业盛会等系列大型活动，进一步提升了广垦产品品牌影响力。

**五、推进渠道建设，拓宽市场空间**

垦区经过60多年的发展，在积累核心技术的同时，稳步抢占市场，创建了众多产品品牌和名牌产品。

燕塘乳业公司积极构建营销队伍体系，建立了乳制品智能冷链物流监控系统，完善巴氏奶冷链全程监管，启动铺开了广州市区低温和常温产品的深度分销，逐步开拓了广西、海南、江西等省外市场。广垦畜牧集团不断加大供港生猪数量，上半年供应香港生猪销量增加30%，价格比集团平均售价每公斤高出1.27元；建立了400家黑加宝猪肉直销门店，拓展了市场空间。广垦绿色农产品公司主动拓展集团大客户，新增了驻港部队、南海舰队、南部战区等一批有影响力的集团客户，集团大客户超过100家；积极开拓团餐新业态，每天直接提供团餐人员10万人以上。燕塘乳业、佳鲜农庄、湛垦佳农线上网上商城、线下实体店全渠道模式打造优质食品全产业链经营效果显著，在较短时间内获得政府和市场认可，“良品生活，源自农垦”的社会影响力进一步扩大。

**六、进一步推行质量兴农、品牌强农工作的思考**

广东农垦将进一步完善广东农垦农产品质量追溯体系，建立统一的品牌体系和市场推广体系，在垦区掀起质量兴农、品牌强农的热潮，积极推动质量兴农、品牌强农工作持续向前发展，构建具有内生动力、发展活力、整体实力，产业链合力、控制力、影响力和抗风险能力的农业全新生态体系，为促进我国现代农业产业兴旺、实施乡村振兴战略作出努力。

作者简介：苏智伟，男，1961年5月生，热作加工高级工程师，主要从事热作科技、农业标准化、农产品质量安全管理。

联系方式：电话（传真）：020—87290007，手机：13922189081，E-mail：[971261440@tom.com](mailto:971261440@tom.com)

通讯地址：广州市天河区东莞庄路33号，广东省农垦总局科技生产处，邮编：510612。

# 优良抗黑穗病甘蔗高代新品系筛选试验

田夏红1，刘建荣1，郑乾坤1，沈万宽2，揭进1，

赵丽宏1，张曼其，刘伟清，陈健文2，廖积贤1，庞生1，陈培寿2

（1.广东省湛江农垦科学研究所，广东湛江 524086；2.华南农业大学甘蔗研究室/华南农业大学农学院/广东省甘蔗抗性改良科技创新中心/农业部华南作物栽培科学实验站，广东广州 510642）

**摘 要** 本文通过对18个甘蔗高代品系农艺性状、产量性状、品质性状和抗性指标数据进行对比分析，初步筛选出13258、13186、华农3、13312、1523、华农2共6个综合性状表现较好、高糖高产抗性较好、具有一定推广和应用价值的的优良甘蔗品系，为下一步示范推广和应用提供科学依据。

**关键词**  甘蔗；品系；选育；蔗糖分

甘蔗是重要的糖料作物，我国及广东省甘蔗95%种植于旱坡地，甘蔗病害发生严重，尤其是甘蔗黑穗病。目前种植面积最大的当家品种仍以ROC22为主，而该品种易感黑穗病，因而制约了我国甘蔗产业可持续发展的重要瓶颈。培育优良抗旱抗病甘蔗新品种，是解决我国及我省蔗区干旱和病害等主要瓶颈问题的关键措施。2013、2015年由华南农业大学农学院通过杂交育种技术获得一批抗旱抗黑穗病的甘蔗新品系，性状表现稳定，2016年与广东省湛江农垦科学研究所合作，进一步筛选适合湛江地区气候地理条件的高产高糖抗旱抗病的优良甘蔗高代品系。本文选取其中表现较好的18份品系，对其农艺性状、产量性状、品质性状和抗性进行了分析，初步筛选一些综合性状表现较好，具有一定推广和应用价值的甘蔗品系，为下一步示范推广和育种提供科学依据。

**1 材料与方法**

**1.1 参试材料**

18个甘蔗杂交高代品系（从华南农业大学甘蔗研究室自育种材料中筛选出），分别是13186、13258、13297、13312、1523、1580、1596、15101、15102、15118、15127、15182、15184、15186、15D、华农1、华农2和华农3。

**1.2 试验方法**

试验地点在湛江市麻章区志满湛江农垦科学研究所和湛江市遂溪县国家现代农业核心区两个点，2016年第一年新植和2017年宿根在志满种植，2017年新植在核心区种植，种植规格：行长3-9米，行宽1米，下种前用5%多菌灵1000倍液浸种消毒12小时，下种量每亩2300个双芽段，施肥及田间管理同当地耕作习惯。

**1.3 调查项目**

苗期调查出苗率、宿根发株率、分蘖率、枯心率，拔节后开始每月调查株高，在甘蔗收获时调查有效茎、茎径、单茎重、小区蔗茎产量、锤度、糖分、发病率等。

**2 结果与分析**

**2.1 农艺性状及产量表现**

2.1.1 出苗率 从表1可以看出，18个甘蔗高代新品系平均出苗率在41.5-72.77%之间，有16个品系出苗率高于50%，2个品系低于50%。其中13258出苗率最高，为72.77%，1523出苗率最低，为41.53%。

2.1.2 发株率 从表1可以看出，平均宿根发株率在22.22-188.24%之间，有16个品系发株率≥50%，2个品系低于50%。其中15D宿根发株率最高，为188.24%，其次是1523发株率为188.1%，13297的发株率最低，仅为22.22%。

2.1.3 分蘖率 从表1可以看出，平均分蘖率在108.84-298.55%之间，其中13312分蘖率最高，为198.55%，其次是1523、15127、1596等，分蘖率分别为243.06%、218.48%、217.08%，13258分蘖率最低，为108.84%。

2.1.4 株高 从表1可以看出，平均株高在250.9-291.2cm之间，其中15102株高最高，为291.2cm，15182株高最矮，为150.9cm，两者相差40.3cm。

2.1.5生长速度 从表2可以看出，18个甘蔗品系7-8月份的平均生长速度为128.5cm，其次是8-9月份，平均生长速度为44.6cm，9-11月份的生长速度最低，平均月生长速度为14.9cm。但是个别品系的生长规律有所不同，其中15118和15184的生长速度8-9月份最高，生长速度分别为62.17cm和46.83cm，15127在7-8月和8-9月的生长速度差不多，分别为51.33cm、51.50cm。

2.1.6 茎径 从表1可以看出，平均茎径在2.4-4.2cm之间，其中13186茎径最大，为4.2cm，其次是华农3、华农2，分别为4.0cm、3.5cm。1580茎径最小，为2.4cm。

2.1.7 有效茎 从表1可以看出，亩有效茎在2557-8152条之间，其中华农3的亩有效茎最多，为8152条，其次是13186，亩有效茎为7819条。15182的亩有效茎最少，为2557条。

2.1.8 单茎重 从表1可以看出，单茎重在1.12-2.33kg之间，其中13297单茎重最大，为2.33，其次是13312，单茎重为2.31kg。15D单茎重最小，为1.12kg。

2.1.9 理论亩产 从表1可以看出，理论亩产变幅在4824-12880kg之间，其中华农3的理论亩产最高为12880kg，其次是13186、15101、华农2、华农1，理论亩产分别为12255kg、11790kg、11170kg、10850kg。13297的理论亩产最低为4824kg。

2.1.10 实际亩产 从表1可以看出，实际亩产变幅在2349-10822kg之间，其中13186实际亩产最高为10822kg，其次是华农3、15101、15102，实际亩产分别为9360kg、8890kg、8283kg，13297实际亩产最低，为2349kg。

表1 2016-2018年甘蔗品系的农艺性状及产量表现

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 品系 | 出苗率/% | 发株率/% | 分蘖率/% | 平均株高/cm | 茎径/cm | 亩有效茎/条 | 单茎重/kg | 蔗茎理论亩产/kg | 蔗茎实际亩产/kg |
| 1 | 13186 | 65.42 | 115.00 | 191.96 | 258.5 | 4.2 | 7819 | 1.56 | 12255 | 10822 |
| 2 | 13258 | 72.77 | 45.00 | 108.84 | 265.0 | 3.1 | 3521 | 2.18 | 8079 | 4760 |
| 3 | 13297 | 67.22 | 22.22 | 132.10 | 275.6 | 2.8 | 4373 | 2.33 | 4824 | 2349 |
| 4 | 13312 | 52.23 | 151.72 | 298.55 | 272.5 | 3.1 | 3595 | 2.31 | 9409 | 6164 |
| 5 | 1523 | 41.53 | 188.10 | 243.06 | 273.8 | 2.8 | 4817 | 1.43 | 7754 | 6124 |
| 6 | 1580 | 66.41 | 66.67 | 179.95 | 275.7 | 2.4 | 6373 | 1.16 | 8338 | 7117 |
| 7 | 1596 | 65.67 | 50.00 | 217.08 | 265.4 | 2.7 | 3409 | 2.29 | 7455 | 5416 |
| 8 | 15101 | 67.78 | 78.33 | 137.51 | 257.9 | 2.8 | 4484 | 2.09 | 11790 | 8890 |
| 9 | 15102 | 67.40 | 68.33 | 163.06 | 291.2 | 2.6 | 4669 | 2.12 | 9875 | 8283 |
| 10 | 15118 | 65.73 | 70.00 | 188.04 | 255.8 | 3.2 | 6151 | 1.45 | 7521 | 5605 |
| 11 | 15127 | 61.31 | 55.00 | 218.48 | 276.5 | 3.0 | 6966 | 1.89 | 7435 | 4733 |
| 12 | 15182 | 48.81 | 74.36 | 147.20 | 250.9 | 3.0 | 2557 | 1.46 | 6817 | 3989 |
| 13 | 15184 | 63.44 | 71.93 | 160.09 | 262.7 | 2.6 | 7115 | 1.55 | 9305 | 7026 |
| 14 | 15186 | 58.59 | 107.89 | 148.95 | 287.5 | 3.0 | 3335 | 2.01 | 8936 | 5732 |
| 15 | 15D | 53.08 | 188.24 | 154.35 | 265.3 | 2.7 | 5225 | 1.12 | 6225 | 4256 |
| 16 | 华农1 | 68.28 | 102.00 | 157.00 | 268.0 | 3.2 | 5929 | 1.83 | 10850 | 5812 |
| 17 | 华农2 | 65.40 | 108.33 | 186.98 | 267.5 | 3.5 | 5336 | 2.09 | 11170 | 6355 |
| 18 | 华农3 | 66.82 | 115.00 | 157.41 | 269.7 | 4.0 | 8152 | 1.58 | 12880 | 9360 |

表2 2017年甘蔗品系的生长速度

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 品系 | 7月株高/cm | 8月株高/cm | 9月株高/cm | 11月株高/cm | 7-8月生长速度/（cm/月） | 8-9月生长速度/（cm/月） | 9-11月生长速度/（cm/月） |
| 1 | 13186 | 152.0 | 207.2 | 243.0 | 261.3 | 55.17 | 35.83 | 9.17 |
| 2 | 13258 | 109.8 | 192.7 | 262.2 | 265.0 | 82.83 | 69.50 | 1.42 |
| 3 | 13297 | 113.7 | 189.3 | 220.2 | 270.0 | 75.67 | 30.83 | 24.92 |
| 4 | 13312 | 102.0 | 180.0 | 237.7 | 248.3 | 78.00 | 57.67 | 5.33 |
| 5 | 1523 | 122.0 | 187.5 | 247.0 | 275.0 | 65.50 | 59.50 | 14.00 |
| 6 | 1580 | 156.3 | 205.0 | 244.2 | 292.5 | 48.67 | 39.17 | 24.17 |
| 7 | 1596 | 143.7 | 198.5 | 243.5 | 265.0 | 54.83 | 45.00 | 10.75 |
| 8 | 15101 | 140.2 | 215.2 | 265.5 | 266.7 | 75.00 | 50.33 | 0.58 |
| 9 | 15102 | 154.7 | 209.2 | 253.5 | 270.8 | 54.50 | 44.33 | 8.67 |
| 10 | 15118 | 140.8 | 184.0 | 246.2 | 268.3 | 43.17 | 62.17 | 11.08 |
| 11 | 15127 | 138.7 | 190.0 | 241.5 | 261.3 | 51.33 | 51.50 | 9.92 |
| 12 | 15182 | 157.8 | 207.2 | 242.2 | 270.7 | 49.33 | 35.00 | 14.25 |
| 13 | 15184 | 130.5 | 169.7 | 216.5 | 260.0 | 39.17 | 46.83 | 21.75 |
| 14 | 15186 | 121.7 | 208.2 | 242.8 | 287.5 | 86.50 | 34.67 | 22.33 |
| 15 | 15D | 127.8 | 215.0 | 242.3 | 267.5 | 87.17 | 27.33 | 12.58 |
| 16 | 华农1 | 85.0 | 177.0 | 224.5 | 268.0 | 92.00 | 47.50 | 21.75 |
| 17 | 华农2 | 107.5 | 190.0 | 234.8 | 267.5 | 82.50 | 44.83 | 16.33 |
| 18 | 华农3 | 109.5 | 170.0 | 190.2 | 269.7 | 60.50 | 20.17 | 39.75 |
|  | 平均 | 128.5 | 194.2 | 238.8 | 268.6 | 65.7 | 44.6 | 14.9 |

**2.2 品质性状**

2.2.1 田间锤度 从表3可以看出，18个甘蔗品系的平均田间锤度在16.6-21.63%之间，其中13258的田间锤度最高为21.63%，其次是华农3、华农2、15118等，锤度分别为21.12%、21.07%、21.01%，1596田间锤度最低为16.6%。

2.2.2 蔗糖分 从表3可以看出，18个甘蔗品系的蔗糖分在13.47-17.83%之间，其中有14个品系蔗糖分高于15%，13258的蔗糖分最高为17.83%，其次是15184、13312、14182等，蔗糖分分别为17.32%、17.26%、17.01%，15101的蔗糖分最低为13.47%。

2.2.3 纤维分 从表3可以看出，纤维分在10.30-15.48%之间，其中15D的纤维分最高为15.48%，其次是1523、华农1、15118等，纤维分分别为15.22%、15.02%、14.87%，13186的纤维分最低为10.30%。

2.3.4 压碎汁的各项指标 从表3可以看出，甘蔗18个品系压碎汁的糖锤度在20.95-24.64% 之间，13258最高为24.64%，13297最低为20.95%；转光度在16.56-21.3% 之间，13258最高为21.3%，15101最低为16.56%；蔗糖分在16.85-21.43% 之间，13258最高为21.43% ，15101最低为16.85%；还原糖分在0.49-1.20%之间，15101最高为1.20%，15184 最低为0.49%；视纯度在78.75-89.35%之间，15184最高为89.35%，15101最低为78.75%；重力纯度在80.14-90%之间，15184最高为90%，15101最低为80.14%。

表3 甘蔗品系的品质性状

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 品系 | 2016-2017平均田间锤度/% | 甘蔗蔗糖分% | 甘蔗的纤维分% | 压碎汁 | | | | | |
| 糖锤度% | 旋光度% | 蔗糖分% | 还原糖分% | 视纯度% | 重力纯度% |
| 1 | 13186 | 19.11 | 16.24 | 10.30 | 22.67 | 18.98 | 19.18 | 0.87 | 83.66 | 84.58 |
| 2 | 13258 | 21.63 | 17.83 | 12.58 | 24.64 | 21.30 | 21.43 | 0.68 | 86.44 | 86.96 |
| 3 | 13297 | 17.44 | 14.52 | 11.49 | 20.95 | 17.19 | 17.46 | 0.98 | 82.06 | 83.55 |
| 4 | 13312 | 18.21 | 17.26 | 12.93 | 23.74 | 20.63 | 20.78 | 0.65 | 86.90 | 87.53 |
| 5 | 1523 | 18.77 | 16.32 | 15.22 | 23.87 | 20.19 | 20.35 | 0.81 | 84.56 | 85.26 |
| 6 | 1580 | 18.54 | 15.96 | 13.81 | 23.30 | 19.45 | 19.64 | 0.88 | 83.47 | 84.29 |
| 7 | 1596 | 16.60 | 14.64 | 11.17 | 21.34 | 17.33 | 17.59 | 1.03 | 81.20 | 82.44 |
| 8 | 15101 | 18.46 | 13.47 | 14.06 | 21.03 | 16.56 | 16.85 | 1.20 | 78.75 | 80.14 |
| 9 | 15102 | 18.67 | 15.71 | 13.77 | 22.71 | 19.07 | 19.28 | 0.85 | 83.99 | 84.89 |
| 10 | 15118 | 21.01 | 15.92 | 14.87 | 23.51 | 19.65 | 19.83 | 0.87 | 83.58 | 84.36 |
| 11 | 15127 | 16.85 | 15.24 | 12.93 | 21.67 | 18.27 | 18.50 | 0.83 | 84.29 | 85.37 |
| 12 | 15182 | 20.61 | 17.01 | 11.17 | 22.20 | 19.76 | 19.94 | 0.51 | 88.99 | 89.90 |
| 13 | 15184 | 17.93 | 17.32 | 13.29 | 23.07 | 20.61 | 20.76 | 0.49 | 89.35 | 90.00 |
| 14 | 15186 | 17.52 | 14.69 | 11.59 | 21.04 | 17.39 | 17.65 | 0.94 | 82.64 | 83.89 |
| 15 | 15D | 18.22 | 15.83 | 15.48 | 23.43 | 19.66 | 19.84 | 0.85 | 83.89 | 84.68 |
| 16 | 华农1 | 18.93 | 15.32 | 15.02 | 22.61 | 18.89 | 19.10 | 0.88 | 83.55 | 84.48 |
| 17 | 华农2 | 21.07 | 16.28 | 12.80 | 23.44 | 19.61 | 19.80 | 0.87 | 83.66 | 84.45 |
| 18 | 华农3 | 21.12 | 16.27 | 13.7 | 23.41 | 19.75 | 19.93 | 0.82 | 84.37 | 85.15 |

**2.3 抗性表现**

从表4可以看出，18个品系黑穗病发病率均为0；枯心率在3.4-21.57%之间，其中15186枯心率最低，为3.4%，15182枯心率最高，为21.57%；梢腐病率在0-12.8%之间，其中13258、1580、1596的梢腐病率为0，华农3的梢腐病率最高，为12.8%，其余品系梢腐病率均在1.56-5.83%之间。

表4 甘蔗品系的抗性表现

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 品系 | 枯心率/% | 黑穗病率/% | 梢腐病率/% |
| 1 | 13186 | 6.70 | 0 | 2.26 |
| 2 | 13258 | 11.19 | 0 | 0.00 |
| 3 | 13297 | 6.21 | 0 | 1.56 |
| 4 | 13312 | 5.26 | 0 | 2.63 |
| 5 | 1523 | 8.80 | 0 | 4.63 |
| 6 | 1580 | 11.42 | 0 | 0.00 |
| 7 | 1596 | 9.26 | 0 | 0.00 |
| 8 | 15101 | 11.34 | 0 | 3.53 |
| 9 | 15102 | 4.25 | 0 | 2.23 |
| 10 | 15118 | 5.05 | 0 | 1.73 |
| 11 | 15127 | 16.52 | 0 | 2.17 |
| 12 | 15182 | 21.57 | 0 | 2.06 |
| 13 | 15184 | 10.19 | 0 | 2.59 |
| 14 | 15186 | 3.40 | 0 | 5.83 |
| 15 | 15D | 5.26 | 0 | 3.16 |
| 16 | 华农1 | 11.11 | 0 | 2.02 |
| 17 | 华农2 | 8.85 | 0 | 2.65 |
| 18 | 华农3 | 6.40 | 0 | 12.80 |

**3 结论与讨论**

综上所述，18个甘蔗高代新品系中有14个品系蔗糖分≥15.24%，属于高糖品系。其中13258的蔗糖分最高，达到17.83%，其新植出苗率也是最高的，但是宿根发株率和分蘖率较低，蔗茎理论亩产达到8079kg，实际亩产仅4760kg，但其黑穗病和梢腐病发病率为0，可作为高糖抗病育种材料，蔗茎亩产有待进一步通过实验验证；13186蔗茎理论亩产达到12255kg，蔗茎实际亩产为10822kg，其蔗糖分为16.24%，纤维分为10.3%，抗黑穗病，枯心率和梢腐病率也较低，茎径4.1，属大茎种，综合表现优良，可作为进一步示范推广品系；华农3蔗茎理论亩产达到12880kg，蔗茎实际亩产为9360kg，其蔗糖分为16.27%，但纤维分为13.7%，枯心率为6.4%，梢腐病率为12.8%，茎径4.0，属大茎种，综合表现较好，可作为进一步示范推广品系；13312蔗糖分达到17.26%，蔗茎理论亩产为9409kg，实际亩产为6164kg，新植出苗率为52.23%，宿根发株率为151.72%，分蘖率为298.55%，茎径3.1cm，黑穗病率为0，枯心率5.26%，梢腐病率2.63%，综合表现较好，可作为进一步示范推广品系；1523蔗糖分为16.32%，蔗茎理论亩产为7754kg，实际亩产为6124kg，新植出苗率为41.53%，宿根发株率为188.1%，分蘖率为243.06%，茎径2.8cm，黑穗病率为0，枯心率8.8%，梢腐病率4.63%，综合表现较好，可作为进一步示范推广品系；华农2蔗糖分为16.28%，蔗茎理论亩产为11170kg，实际亩产为6355kg，新植出苗率为65.4%，宿根发株率为108.33%，分蘖率为186.98%，茎径3.5cm，黑穗病率为0，枯心率8.85%，梢腐病率2.65%，综合表现较好，可作为进一步示范推广品系。

基金项目：广东省现代农业产业技术推广体系建设（2017LM4166）；广东省科技计划项目（2015A020209102；2016A030303049）。

# 雷州半岛菠萝新品种引种及配套栽培技术

张光辉1，庞生1，张曼其1，刘建荣1，刘伟清1，

揭进1，李强有2，胡小忠1

（1.广东省湛江农垦科学研究所，广东湛江 524000；2. 湛江农垦现代农业发展有限公司，广东湛江 524022）

**摘 要** 文章总结了2015～2017湛江市雷州半岛菠萝新品种引种，为了解决当地菠萝品种单一问题，引进菠萝新品种‘台农16号’、‘台农17号’、‘台农22号’、‘金菠萝’、‘大菠萝’等5个品种进行比较试验。通过品比试验，结果表明‘台农16号’和‘金菠萝’品种耐裂果，耐贮运，品质好，商品性佳、产量产值高，经济效益显著，是适合雷州半岛栽培的良种。

**关键词** 菠萝新品种；引种；配套栽培技术；雷州半岛

**Introduction and Cultivation Techniques of new pineapple varieties**

**in Leizhou Peniland**

Zhang Guanghui, Pang Sheng, Zhang Manqi, Liu Jianrong , Liu Weiqing, Li Qiang , Hu Xiaozhong

1.Scientific research institute of Zhanjiang Nongken, Guangdong province, Zhanjiang, Guangdong 524000;

2.Zhanjiang Nongken Modern Agriculture Development Co., Ltd., Guangdong, Zhanjiang 524022

**Abstract:** This paper summarizes 2015～2017 in Zhanjiang city of Leizhou Peniland, introduction of new varieties of pineapple, pineapple in order to resolve the problem of a single species, the introduction of new varieties of pineapple‘台农16号' and ‘台农17号' and ‘台农22号'and‘Golden Pineapple'and‘Large pineapple 'into 5 varieties comparison test. Through comparative test, results show that‘台农16号' and‘Golden Pineapple' varieties resistance to fruit cracking, high yield, good quality, high yield, good product value, significant economic benefits, is suitable for the cultivation of varieties of Leizhou peninsula.

**Key words:** new pineapple varieties, introduction, mating cultivation techniques, Leizhou Peniland

菠萝，原名凤梨，属凤梨科凤梨属。原产美洲热带和亚热带，是多年生草本植物。性喜温暖，最适生长的年均气温为 24～27℃ 。 15℃ 以下生长缓慢， 5℃ 是受冻的临界温度， 43℃ 高温即停止生长[1]。性耐旱，需一定水分，年降雨量需 1 000～1 500 mm 且分布均匀为宜。 对土壤适应性广，喜疏松、排水良好、富含有机质的砂质壤土。16世纪由葡萄牙人从美洲传入中国，主要产区有广东、广西、福建、海南、云南等省，而广东仅有雷州半岛大面积种植。雷州半岛种植的菠萝品种主要属于卡因类，特点是株高0.7～1.5米,茎短粗,呈褐色,基部有吸芽抽出，鲜果多呈圆筒形；果肉黄色，重0.7～2.5千克，果皮为多数小果皮及苞片组成[1-2]。由于常年种植品种退化、单一，鲜食浪费严重，人工成本的大幅度提升，商品性有所降低，经济效益偏低。 为了筛选出适合雷州半岛种植的菠萝新品种，于 2015 年引进了品质优、抗逆性强、商品性好的‘台农16号’、‘台农17号’、‘台农22号’、‘金菠萝’、‘大菠萝’等5个新品种进行比较试验，以期筛选出适合雷州半岛种植的主栽品种。

**1 材料与方法**

**1.1 品种来源**

供试品种：台农16号、台农17号、台农22号、金菠萝、大菠萝。巴厘为对照品种，为近年来本地主栽品种。

**1.2 试验地概况**

试验地设在遂溪县国家现代农业示范区内，前茬种植甘蔗，土壤为砖红壤，土地肥沃。试验地设施完好，各种生产条件齐备。

**1.3 试验方法**

试验采用随机区组排列，每处理重复 3 次，畦宽 ( 连沟 )1.4 m ，畦高0.1 m，每畦种2 行，株距 0.3～0.35 m。采用一造只施一次大肥，中途不再施肥。2015 年10月定植，亩施生物有机肥1000 kg，再施25 %奥普尔复合肥200 kg和磷酸二胺100 kg作基肥。要求先混匀肥料，再机施起畦，铺设滴灌带，地膜覆盖栽，打孔种植。期间加强管理、适时催花、防治病虫、适时采收等。

**2 结果分析**

**2.1 植物学性状对比**

从表 1 可以看出，台农16号、台农17号、台农22号、金菠萝、大菠萝和巴厘前期生长势特别旺盛，但台农17号、巴厘后期生长势较弱。 株高依次为台农16号、大菠萝、台农17号、台农22号、金菠萝、巴厘，巴厘株高较低。台农22号，大菠萝，金菠萝株型大直立，台农16号，台农17号株型半开张，台农16号叶缘均无刺，巴厘叶缘全有刺，金菠萝，台农17，台农22，大菠萝叶缘少刺。

表 1 不同菠萝品种主要植物学性状

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 品种 | 前期平均株高(CM) | 后期平均株高（CM） | 株型 | 前期长势 | 后期长势 |
| 台农16号 | 30 | 104.8 | 叶缘无刺，叶表面中轴呈紫红色 | 强 | 强 |
| 台农17号 | 27 | 95 | 叶尖及基部有少量短刺，黄绿色，中部稍带红褐色，半开张 | 强 | 中等 |
| 台农22号 | 36 | 93.8 | 叶尖微刺，叶背斑驳灰斑，株型直立 | 强 | 较强 |
| 金菠萝 | 32 | 84 | 株型开张，叶片少刺，叶片深绿 | 强 | 强 |
| 大菠萝 | 39 | 98.6 | 叶缘基本无刺，黄绿色 | 强 | 强 |
| 巴厘 | 29 | 62.7 | 株型开张，叶片全缘有刺，叶片全绿 | 强 | 中等 |

**2.2 物侯期对比**

从表 2 可以看出，6个供试品种同时育苗同时定植，除巴厘果为自然果外，其他品种统一人工催花（2016.10.9），金菠萝抽蕾最早（2016.11.25），巴厘最早熟，金菠萝早熟，采收为 40 d 。 大菠萝为晚熟品种，采收时间推后40天，采收期为30 d。

表 2 不同品种物侯期对比

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 品种 | 定植 | 催花 | 抽蕾 | 采收期 |
| 台农16号 | 2015.10 | 2016.10.9 | 2016.12.5 | 5月下旬-6月下旬 |
| 台农17号 | 2015.10 | 2016.10.9 | 2016.12.5 | 5-6月 |
| 台农22号 | 2015.10 | 2016.10.9 | 2016.12.2 | 5月中旬-6月中旬 |
| 金菠萝 | 2015.10 | 2016.10.9 | 2016.11.25 | 5月-6月上旬 |
| 大菠萝 | 2015.10 | 2016.10.9 | 2016.12.2 | 6月上旬-7月上旬 |
| 巴厘 | 2015.10 | 自然果 |  | 4-5月 |

**2.3 果实品种性状对比**

从表 3 可以看出，平均单果重较大的有大菠萝1.67 kg，台农22号1.40 kg ，金菠萝1.31 kg，台农16号1.26 kg，巴厘1.09 kg，台农17号1.01 kg。台农16号、台农17号果眼浅，可食用率高，台农22号、金菠萝、大菠萝果眼较深，巴厘果眼深。锤度金菠萝15.5最高，巴厘品种锤度13.6，品质最差。综合以上分析，商品性状较好的是金菠萝、台农16号、台农22号、大菠萝。

表 3 不同菠萝品种鲜果性状对比

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 品种 | 果形 | 果肉颜色 | 平均单果重（ kg ） | 锤度 | 裂果 | 抗病性 |
| 台农16号 | 圆锥形或椭圆形，果眼浅 | 淡黄 | 1.26 | 15.35 | 少 | 强 |
| 台农17号 | 长圆锥形或椭圆形，果眼浅且扁平 | 金黄 | 1.01 | 15.05 | 较多，纤维率高 | 稍强 |
| 台农22号 | 圆筒形或椭圆形，果眼较深 | 黄 | 1.40 | 15.25 | 稍有 | 强 |
| 金菠萝 | 圆筒形，果眼较深 | 金黄 | 1.31 | 15.5 | 较少 | 强 |
| 大菠萝 | 椭圆形，果眼较深 | 淡黄 | 1.67 | 14.4 | 较少 | 强 |
| 巴厘 | 圆筒形，果眼深 | 黄 | 1.09 | 13.6 | 较少 | 强 |

**2.4 产量及抗病性对比**

从表4可以看出，亩产最高的是大菠萝3703.27kg ，其次是台农22号3095.87 kg ，最低的是台农17号2040.93kg，其余的品种产量中等。大果率大菠萝最高，台农22次之，台农16第三，台农17最低。菠萝生长后期调查凋萎病感染率中，台农17号不抗病，发生凋萎病占11%，表现最抗病的是金菠萝，其次是巴厘。抗寒性最差的是台农22号和大菠萝，表现叶片受冻干枯变黄，抗果柄断裂的是台农16号，其次是金菠萝，台农17号最差，果柄断层率达53.5%。

表 4 不同菠萝品种产量对比

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 品种 | 采摘日期 | 小区产量单果重≧1-1.5KG（kg） | 小区产量单果重0.8-1KG（ kg ） | 折合亩产（KG） | 大果比率（%） | 凋萎病比率（%） |
| 台农16号 | 2017.5 | 519.12 | 226.32 | 2484.8 | 59.88% | 7.00% |
| 台农17号 | 2017.5 | 277.75 | 334.53 | 2040.93 | 35.76% | 11．00% |
| 台农22号 | 2017.6 | 645.4 | 283.36 | 3095.87 | 61.88% | 5.00% |
| 金菠萝 | 2017.6 | 487.32 | 317.05 | 2681.23 | 48.56% | 2.00% |
| 大菠萝 | 2017.6 | 898.46 | 212.52 | 3703.27 | 73.8% | 4.00% |
| 巴厘 | 2017.4 | 392.4 | 292 | 2281.33 | 49.66% | 3.00% |

**3 小结与总结**

本试验综合评价，在参试的6个品种中综合性状最好的是金菠萝和台农16号，在本地栽培表现良好。果型周正，果眼较浅，果肉金黄或淡黄，口感好，品质优，可食率高。耐裂果，耐贮运，商品性佳、产量产值高。 据品比试验结果，与巴厘品种相比，品质、商品性及产量产值均超过本地品种巴厘，经济效益显著，是适合本地栽培的菠萝良种。台农22号、台农17号综合性状表现也不错，植物学性状上表现植株生长势旺盛，综合性状较好，受裂果影响，可作为后备品种种植，但要加强管理。大菠萝主要是鲜果偏大，果肉不紧实, 现为率含量偏高，口感不好，不适合在本地推广。

**4 栽培技术要点**

**4.1 开园整地**

4.1.1道路设施 大面积、规模化的菠萝园，要设主道、支道、防护林格、灌溉及排水系统等；主道宽5～8 m，支道宽2.5～5 m，45～60亩设一个防护林格，林带宽度6～10 m。选定水源，建立提水、蓄水、灌水系统，坡面大的要规划环山沟等排水系统，防大雨冲刷造成水土流失。

4.1.2整地　土壤要进行深耕，提高土壤通透性，增强菠萝对土壤养份的吸收能力，因此要提早进行多次犁、耙，土壤要做到深、松、碎、净。然后用机施肥起畦，畦宽1m，畦高0.1 m，畦间留0.4 m人行道，以便管理。采用一造只施一次大肥，中途不再施肥。亩施生物有机肥1000kg，再施25 %奥普尔复合肥200 kg和磷酸二胺100 kg作底肥。要求先混匀肥料，再机施起畦。

4.1.3盖膜 在畦面先铺设滴灌带，然后盖1 m宽黑色地膜，并按0.6\*0.3～0.35 m打孔双行种植。

**4.2 定植**  巴厘亩种植约4000株，台16号、17号、22号、金菠萝、大菠萝亩种植约2800～3000株，种植时强调浅种、种稳，一般以不超过苗中心生长点为好，大苗3～5 cm，小苗2～3 cm。。种苗定植前要晒苗，把苗倒置（基部朝上）晒苗7 d以上，准备种植前一天可用1000倍的奥普尔液肥加300倍的多菌灵喷湿苗的基部，可促进早发根防心腐病。雷州半岛种植期一般选择在7～10月进行种植，根据品种、种苗进行分级种植管理，按品种的不同种植，同一品种不同芽类(大小肥状)要进行分块种植，便于管理。

**4.3 肥水管理**

4.3.1 幼苗期

菠萝幼苗种下后20 d左右喷第一次叶面肥，每次相隔15天，连续喷4次，以喷奥普尔液肥为主，配合其它肥料进行，前两次可用800倍的奥普尔液肥加2000倍的硫酸亚铁喷施，后两次可再加入0.5%水溶性高氮肥喷施。过冬开始生长后再连续喷600倍的奥普尔液肥4次。前两次可加入平衡型阿美瑞水溶性肥进行叶面喷施，后两次可加入阿美瑞水溶性高钾肥进行叶面进行叶面喷施。根据天气情况适当淋水和施水肥，全年施3次左右。行间做好除草工作。

4.3.2 结果期

⑴催花标准及产期调控 台农16、17品种要求叶长50 cm以上的叶片不少于50片才可进行催花。催花时间的调控主要是根据种植时间；其次应根据收获时间去确定；台16、17号催花用40 %的乙烯利400倍液，每株约用50 mL，隔2 d用40 %的乙烯利400倍液再灌心一次。或用电石催花40-50倍催花，隔天喷一次，共喷2次。 约经45 d生长便会现红抽蕾, 抽蕾后再经105天生长管理便可采收。

（2）壮果 台农16、17号种开花末期用15升水加入赤霉素阿美瑞30克和奥普尔液肥20 mL再加百菌清30克混合后喷湿果实，谢花后20 d再用15升水加入阿美瑞50克和奥普尔液肥25 mL再加吡虫啉20毫升混合后喷湿果实。注意喷药要均匀喷在整个果面上，以湿润为宜，喷果时最好阴天或毛雨天，干旱或晴天喷后用袋覆盖最好。

（3）套袋 在果实膨大期，果眼明显开张，有光泽可以套袋，袋子规格为：26CM\*26CM,牛皮纸质，防晒效果好。

（4）催熟 催熟主要在巴厘品种上操作，台农系列不用催熟。一般在采收前10 d左右喷施40%的乙烯利进行催熟，喷乙烯利时要晴天进行，应均匀喷湿果面，气温低时宜用高浓度，气温高时则用低浓度。

4.3.3 采收期

台农17号采收时间为每年的3-4月, 台农16号采收时间为每年的4-5月，基本上避开巴厘菠萝的上市高峰期, 利于销售。顶苗端正, 苗长15-25cm, 单果重0. 8 kg 以上的菠萝, 可作为鲜销果,供应各地市场。

4.3.4 采后期

果采收完毕, 果柄伤口干缩后, 喷一次叶面肥, 可采用每亩尿素2 kg + 硫酸钾2 kg + 水30 kg以恢复植株长势, 追施一次尿素，撒施为主，每亩撒尿素15公斤。促进吸芽整齐萌发，培育健壮优质菠萝种苗。

**4.4 病虫害防治**

主要病害是菠萝灰粉蚧，凋萎病，目前以化学防治为主，常用农药有氧化乐果、速扑杀和特丁磷等，选用800倍50%马拉松乳油，或1000倍敌克松乳油喷雾可以防治凋萎病。从种苗期即开始灭菌，并结合田间调查报告，于若虫盛发期用高压枪喷药。使用高压枪进行喷药，可破坏害虫的蜡成或把该冲冲刷掉到地面上，提高杀虫效果[4]。

**参考文献**

[1] 石伟琦， 孙伟生，习金根等. 我国菠萝产业现状与发展对策[J]. 广东农业科学，2011,(3):181.

[2] 文尚华 . 我国菠萝产业发展现状与对策探讨 [J]. 中国热带农业 ,2006,1:9-11.

[3] 刘岩，钟云，刘传和编著. 菠萝生产实用技术[M].广东：广东科技出版社，2009.

[4] 劳有德.广西剑麻产区要重视新菠萝粉蚧的防治[J].广西热带农业 ,2008（5）:24-25.

# 红江橙脱毒种苗的培育技术与规模化生产技术体系建设

刘建荣1，姚雷业1，揭进1，庞生1，文尚华2，

赵丽宏1，张曼其1，刘伟清1，廖积贤1，胡小忠1

（1广东省湛江农垦科学研究所，广东 湛江 524086；2广东省湛江农垦局，广东 湛江 524022）

**摘 要** 文章总结了红江橙的株系选育、脱毒、原种圃建立、采穗圃建立、育苗圃建立和病毒检测等环节的研究技术，以及开展规模生产技术体系建设的探索和实践，探讨出全套脱毒种苗培育技术和建成年规模50万株以上的红江橙脱毒种苗生产基地，为我国红江橙产业发展提供优质脱毒种苗的技术支撑。

**关键词** 红江橙 脱毒种苗 培育 规模化 技术体系 建设

红江橙是湛江农垦的特色和名优产品，其特点是果大形好，皮薄光滑，果肉橙红，肉质柔嫩，多汁化渣，甜酸适中，风味独特，是我国的名牌农产品，在国内被誉为“人间仙桃”、“国宴佳果”，在国外则被冠为“中国橙王”，在国内外橙业以其独特的外观和品质具有较强的竞争力。但是，红江橙黄龙病不断发生与传播，造成红江橙植株大面积死亡，严重制约了红江橙产业的发展。据调查，2017年红江农场红江橙疑似黄龙病发生率平均达到33%，实际感染黄龙病平均达到26%，可见其危害极大。

柑桔黄龙病(Huanglongbing ,HLB）是一种毁灭性的病毒病，传播蔓延迅速，且现有的柑桔栽培品种都能感病。病菌主要通过带病苗木、带病接穗及虫媒-木虱进行传播，目前对染病树体还没有合适的药物能够治疗，只能采取挖除焚烧的措施解决[1]。推广应用无毒健康红江橙种苗，是从根源上防治黄龙病一条重要途径。

2002年起，广东省湛江农垦科学研究所（以下简称科研所）根据国家农业行业标准，通过热处理+茎尖微嫁接技术+PCR检测技术，建立良种红江橙脱毒原种圃与采穗圃，再选育经温热法脱毒处理的江西红桔种子作砧木，嫁接培育脱毒红江橙良种种苗推广种植[2]，探讨出全套红江橙脱毒种苗的培育技术，并逐步开展规模化生产技术体系建设工作，取得了良好成效。

**1 红江橙脱毒种苗的培育技术**

**1.1 脱毒原种培育和建立原种圃**

选择园艺性状优良的品种单株作为母树，对母株带毒状况进行鉴定，通过热处理+茎尖微嫁接技术培育脱毒（不带黄龙病、衰退病、裂皮病和碎叶病）原种，用PCR检测技术进行再鉴定。同时，建设钢管结构、门口设有缓冲区、用40目防虫网密闭的大棚，将脱毒种苗种植在棚内，建立原种圃。种植前要先对棚内土壤或基质进行彻底消毒，植后加强管理，并定期对红江橙脱毒原种进行检测[2]。

**1.2 建立采穗圃**

采穗圃同样要建立与原种圃一样的大棚，棚面积大小据育苗规模而定，可按每株母树每年提供300个芽来推算。母树要按品种（品系）株系分开定植，定植密度为 1～1.5×1米。管理措施以促进营养生长为主，目的在于培养较多的充实健壮接穗，植后第 2 年开始采集接穗，可连续使用 3 年（限期）[3]。采穗圃的母株苗是采用以脱毒红桔种子苗为砧木、脱毒原种的枝条为接穗，经嫁接培育和检测不带病毒的种苗。母株苗种植前，同样要先对棚内土壤或基质进行彻底消毒，再种植，植后做好管理、维护和定期检测工作。

培育优质芽条是提高嫁接成活率的关键。要根据嫁接期来确定母树放梢时间，要求秋芽用于次年春接，夏芽用于秋冬接。春芽一般从抽芽到转绿老熟要40天，夏芽要35天，秋芽要50天。

**1.3 建立脱毒育苗圃**

1.3.1 培育砧木苗

1.3.1.1 苗床准备

采用无污染心土（表土层30厘米以下），与干净河沙配比为6：4，充分混合，经0.5厘米的筛孔过筛，再将过筛土堆成30～35厘米高的土堆，用黑色聚光地膜盖好，进行密封2～3个月自然消毒。播种前亩施优质生物有机肥400～600公斤、磷肥100公斤，深翻土地，平整作畦，按畦面高0.3米、宽0.9～1.1米、长15～20米整理成苗床，淋0.1%KMnO4液消毒[4]。

1.3.1.2 选种

采自无病果园或经病毒检测确认无病毒的新鲜、饱满、一致的江西红桔种子作砧木种子。

1.3.1.3 种子处理

种子用纱网装好，用50～52℃热水预热5～6分钟，再置于55～56℃ 恒温水中浸50分钟，然后将种子取出沥干水，再浸入0.1% KMnO4 液10分钟，取出凉干后播种[2] [4]。

1.3.1.4 播种时间

播种时间一般选择春季播种，种子易发芽。一般于1～2月播种，4～6月移苗，10～12月可达到砧木粗0.5～0.8cm嫁接要求[3]。

1.3.1.5 播种方式

播种方式有地床式和穴盘式两种。

地床式：播种方法可条播或撒播，将种子均匀播在整好的畦面，下种量控制在11公斤/亩（约可培育6.5万株苗）。播后在畦面上，覆盖一层薄泥，刚盖过种子即可，再盖上一层发酵过的蔗渣保湿。之后淋透1500倍多菌灵液，用小型拱棚和薄膜覆盖，保湿催芽，再视天气情况揭膜透气和酌情淋水。

穴盘式：采用穴深7厘米、50孔的穴盘，提前装好基质，一个穴播种一粒种子，播后用基质覆盖好种子，摆放到温室大棚中，淋透1500倍多菌灵液，之后保持基质湿润。基质采用泥炭土4：椰糠1的比例配制而成。穴盘式的优点主要是较地床式出苗快8～15天、出苗率高31%，育苗时间缩短0.5～1.5个月，且栽后没有恢复期（地床式恢复期7～10天），光照、温湿度等培养条件容易控制，病虫害不宜发生。

1.3.1.6 播种后管理

播种后每天观测土壤湿度和温度，视情况适当淋水，及时除草。注意防治猝倒病，措施有：控制好苗床温度，防止高温高湿；用甲霜灵1000倍和代森锰锌1000倍每隔15天轮换喷施；合理施肥，当苗高5厘米时，及时追肥，宜淋施2～3％复合肥溶液，不偏施N肥。砧木苗一般生长2～3个月，高度达 15厘米、抽叶5～8片时可移栽。砧木幼苗出圃前，要充分浇水，分级出圃，蘸泥浆待栽[3]。

1.3.1.6 移栽及管理

移栽时，将砧木苗拨起，按大小分级，剔除劣、弱病苗，再移植到嫁接苗圃苗床或上袋。移栽苗床或袋苗都必须搭建网室防虫。

移栽采用的营养土一般要提前1～3个月配制，浇透发酵。营养土宜采用无污染心土，每立方米营养土混入优质有机肥10公斤、过磷酸钙5公斤。之后按长10～15米、宽1 米、深30厘米的规格整理成苗床，或将营养土装入直径8厘米、高25厘米规格的育苗袋中，摆放到网室中，摆放株距以2～3袋为宜，以利于嫁接操作、病虫防治和培育壮苗。移栽前3～6天充分浇水，让营养土吸足水分。苗床移栽按10×25厘米规格移植，袋苗移栽则将苗直接栽入泥袋中，一袋种植一株。移植时苗根要与土充分接触，主根不能弯曲，过长根可适当短截。栽后立即淋定根水，及时扶正浇水时被水冲斜的幼苗[5]。栽后及时查苗补缺、除草，剪除侧枝。抽叶后每隔10～15天追施芬兰复合肥一次（5～7粒复合肥/株）。注意防治潜叶蛾、弄蝶、红蜘蛛，炭疽病和根腐病。在每梢抽出1～2厘米时，喷施克蛾宝、氯氰菊酯、克螨特、百菌清、甲霜灵等药剂防治。经5～6个月培育，苗木主干粗达0.4～0.7厘米、苗高30～40厘米时，便可嫁接。

1.3.2 嫁接与管理

1.3.2.1接穗的采集与处理

从无病毒采穗圃采集，选取充实、健壮枝条剪下，摘去叶片，按株系分扎成捆，用湿布包好，并登记母本树株系名称（编号）和采集时间。嫁接前，选用的接穗用1000 倍盐酸四环素液浸泡2小时，取出后用清水浸泡待用[6]。

1.3.2.2 嫁接与管理

嫁接宜于当年10月至翌年2月进行。嫁接方法采用小芽腹接法，在离地面10～15厘米处剪砧，在剪砧口下3～5厘米处开接口，然后用嫁接刀从上向下切开皮层，长约1厘米左右，切口要求平直，有利于使芽片贴合。之后取芽片嵌入砧口，一芽片贴合一砧口，贴合后检查无误就可用薄膜包扎，包扎时薄膜斜线紧贴砧木基部。

接后及时除草和除砧木萌蘖，检查成活和及时补接。注意喷药防病虫害，重点防治溃疡病、碎叶病、衰退病，尤其注意雨季出嫩叶时防溃疡病；虫害重点防治潜叶蛾、红蜘蛛、介壳虫、蚜虫等。可在每次抽新梢时，用克蛾宝15毫升+螨危15毫升+氯氰菊酯20毫升+百菌清30克兑水30斤喷施，5～7天1次，连喷3～4次。嫁接后30～40 天，在新梢大部分长至8～12厘米并慢慢转绿时，进行解绑，追施2～3%芬兰复合肥，以后每隔20～30天追肥一次。嫁接后60～90天，苗木抽梢2～3蓬叶并稳定，苗高40～50 厘米时，可出圃提供大田种植。

出圃前进行各株系嫁接苗的病毒抽检，如检测有病毒的，马上消毁该株系的全部嫁接苗，不带毒的嫁接苗才可出圃。抽检方法：在红江橙嫁接苗生长1～2蓬叶并稳定时，分嫁接批次抽取叶片样，进行PCR检测。出圃时，先把苗床浇透水,再起苗,短途运输可带土运苗，长途运输则抖落营养土，再打泥浆，每50或100株为一捆，挂牌包装运输。并登记苗木去向，便于跟踪调查。

**1.4 红江橙脱毒种苗的病毒监测技术**

从原种圃、采穗圃的建立到育苗圃育苗，再到大田种植管理都要进行病毒防治与监测。一般原种圃、采穗圃母株每年检测2次，育苗圃种苗在每批出圃前抽检1次，大田苗建立监测点和每年抽检1～2次，及时监控和防止黄龙病的发生。检测程序为：采集红江橙的叶片→提取叶片的DNA→PCR扩增→凝胶电泳→通过凝胶成像系统观察实验结果，并拍照保存。

1.4.1 样本采集

一般抽取样本叶片检测，专样检测对目标样本取样，抽样检测则对目标样抽样，抽取样点的多少视土地面积大小而定，一般一亩取5个点，大于1亩小于3亩取7个点，面积再大取样点数也随之增加。取样点位的确定可用“S型法”，即在S型上均匀布点。对具体每株树的取样，可在东南西北四个方向各取1～3片叶。取样时，用剪刀剪取叶片（每取一个样用70%酒精消毒剪刀一次），放入干净的封口袋，一个样放一个袋，标上编号、日期、地点、品种和特征等内容。同时，所采集的样本株挂牌和拍照。

1.4.2 提取DNA（CTAB）

采少量样本叶片，加入液氮迅速研磨成粉，转入2ml的离心管中，加入600μL经65℃预热的2%的CTAB缓冲液，65℃水浴45 min，期间不时摇匀；加入600μL氯仿异戊醇混匀，放置10 min，12000r/min离心10 min，取上清液置于新的1.5ml的离心管中；加入等体积的氯仿异戊醇混匀，2000r/min离心10 min，取上清液置于新的1.5ml的离心管中，加入1/10体积3mol/LNaAC（PH5.2）和2倍体积的无水乙醇，混匀后置于-20℃冰箱中30 min以上；4℃，12000r/min离心10 min，弃上清；沉淀分别用冷的70%乙醇和冷无水乙醇各洗一次，室温风干，溶于50μL双蒸水中，-20℃保存。

1.4.3 PCR扩增

Nested-PCR引物根据柑橘黄龙病病原亚洲株系16SrDNA设计。

外侧引物（535bp）

P2-1：5 TGAATTCTTCGAGGTTGGTGAGC 3

P2-2：5 AGAATTCGACTTAATCCCCACCT 3

内侧引物（400bp）：

P3-1：5 GCGTTCATGTAGAAGTTGTG 3

P3-2：5 CCTACAGGTGGCTGACTCAT 3

PCR扩增程序：95℃预变性5 min；94℃变性40S，55℃退火40S，72℃延伸1 min，35个循环；72℃延伸5min。

1.4.4 凝胶电泳及结果判读

制备2%琼脂糖凝胶（大胶用60ml，小胶用40ml）：称取1.2 g（0.8 g）琼脂糖置于三角瓶中，加入60 ml（40ml）1×TAE，微波炉加热煮沸3次至琼脂糖全部融化，摇匀，然后加入3ul的goldview I型核酸染料，即成2%琼脂糖凝胶液。

胶板制备：将电泳槽内的有机玻璃内槽（制胶槽）洗干净，晾干，放入制胶玻璃板，将内槽置于水平位置,并在固定位置放好梳子，将冷却到65℃左右的琼脂糖凝胶液混匀小心地倒入内槽玻璃板上，使胶液缓慢展开，直到整个玻璃板表面形成均匀胶层，室温下静置直至凝胶完全凝固，垂直轻拔梳子，将凝胶及制胶玻璃板一起放入电泳槽中，添加 1×TAE电泳缓冲液至没过胶板为止。

加样：在点样板上加入DNA样品或PCR产物的样品，用10 ul的移液器分别将样品加入胶板的样品小槽内，每加完一个样品，应更换一个加样头，以防污染，加样时勿碰坏样品孔周围的凝胶面。（注意：加样前要先记下加样的顺序）。

电泳：加样后的凝胶板立即通电进行电泳，电压60-100V，样品由负极（黑色）向正极（红色）方向移动，电压升高，琼脂糖凝胶的有效分离范围降低，当溴酚蓝移动到距离胶板下沿约1cm处时，停止电泳。

观察照相：电泳完毕后，取出凝胶，在紫外灯下观察，采用凝胶成像系统拍照保存。

结果判读：根据PCR扩增产物有无DNA特异扩增条带（即目的片段为400bp），来判断检测的样本里是否含有黄龙病（HLB）的病原菌。PCR为阳性的，说明样本里含有HLB的病原菌；PCR为阴性的，说明样本里没有检测出HLB的病原菌。

**2 红江橙脱毒种苗规模化生产技术体系建设**

**2.1** **红江橙脱毒种苗繁育技术探索阶段（2002年—2013年）**

2002年，广东省湛江农垦局、科研所和红江农场的有关科技人员，从红江农场鉴选圃中选出红江橙优良株系材料一批，经过热处理脱毒，然后委托中国农科院柑桔研究所进行病毒检测，获得不携带黄龙病病原菌的新枝系种质材料18个。同时，从红江农场吴家武职工的果园中，通过芽变获得一些红江橙无核(少核)选系,有的经过几代高接仍表现为无核(少核)，经过鉴选并获得红江橙优良少籽株系“K东2”、“A东2”、“E西2”等[7]，于2004年选送了少籽红江橙特优株系2个（“A东2”和“K东2”）到中国农科院柑桔研究所，采取热处理和茎尖微嫁接相结合法进行脱毒培育种苗，于2007年委托中国农科院柑桔所成功培育出完全脱毒的茎尖微嫁接种苗，获得不带黄龙病病原及不带衰退病、裂皮病和碎叶病等病毒的2个株系种苗共20株，并分两地保存，其中运回科研所15株（“A东2号”9株、“K东2 号”6株），保存在中国农科院柑桔所5株。科研所利用上述脱毒种苗在该所高阳试验基地建立原种圃，再利用原种圃芽条，经过热处理脱毒，嫁接到脱毒砧木上育成脱毒苗，建立采穗圃5亩。原种圃和采穗圃都远离育苗区、大田种植区，采用坚固的网室隔离木虱等昆虫，配套灌溉设施。

同时，科研所开展红江橙脱毒种苗的培育技术研究工作，建设脱毒育种圃育苗和种植试验，探索脱毒育苗的全套技术。研究工作获得到省部市的财政项目支持，先后获得“红江橙提纯复壮与繁育推广”、“红江橙新株系选育与配套栽培技术研究”、“红江橙脱毒种苗繁育基地的建设”等项目资金支持。2004年，建立了育苗圃25亩，育江西红桔砧木苗60万株，2005年育成达嫁接标准的砧木苗20多万株，并嫁接脱毒红江橙苗19.25万株，成活15.75万株，平均成活率达81.8%，为建立红江橙示范区提供脱毒种苗1.62万株。其中，2004年供给丰收公司0.7万株（建立100亩新株系示范区），同年供给海南农垦示范种植0.2万株，2007年供给红江农场0.72万株；2010年，培育1.2万株，供给丰收公司0.6万株；2011年培育0.1万株，供给丰收公司试验示范种植0.3万株（50亩）；2012年培育1.2万株，供给红江农场试验示范种植0.5万株（80亩）；2013年培育1万株，供给红江农场0.51万株。

**2.2 红江橙脱毒种苗规模化生产技术体系建设阶段（2014年—2018年）**

2014年，科研所开始批量生产红江橙脱毒种苗。2016年新增建立1个采穗圃，种植母树710株（其中少核390株、多核320株），建立了育种圃35亩。2014年—2017年，培育砧木苗60万株，脱毒嫁接苗35.6万株，成活30.27万株，平均成活率85%。在黄龙病检测技术体系建设上，科研所从2012年开始筹建，至2014年建成并独立开展工作，至2017年共检测原种圃、采穗圃母树和育种圃种苗3351个样，检测湛江农垦农场种植的大田红江橙树247个样，为红江橙脱毒种苗繁育技术体系建设起到了很好的监控作用。

经过15年的努力，科研所与中国农科院柑桔研究所合作成功脱除和隔离保护了一批红江橙优良种质，建立了全套红江橙脱毒种苗繁育技术体系，并建立年规模50万株以上的生产技术体系。这为源头上防治红江橙黄龙病的发生，实现红江橙特色产业的壮大提供了优质种苗和技术保证。

截止2018年8月，科研所累计出圃（销售）红江橙脱毒种苗32.12万株，主要供给湛江农垦的红江农场、广垦（湛江）红江橙农业科技有限公司、丰收糖业公司等单位和广西、海南、广东的廉江等地示范、推广种植，供应垦区内外种植0.5万亩以上（详见表1），有力地推动了红江橙产业的发展。其培育技术也日趋成熟，种苗得到国内市场充分认可，尤其2016年以来，红江橙脱毒种苗销量很大，种苗供不应求。

表1 科研所红江橙脱毒种苗累计出圃情况

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 年度 | 品种 | 出圃合计（万株） | 其中 | | | | | |
| 红江农场 | 红江橙农业公司 | 丰收糖业公司 | 廉江地方 | 广西 | 海南 |
| 2004 | 普通种 | 0.1 |  |  | 0.1 |  |  |  |
| 少籽种 | 0.8 |  |  | 0.6 |  |  | 0.2 |
| 小计 | 0.9 |  |  | 0.7 |  |  | 0.2 |
| 2007 | 普通种 |  |  |  |  |  |  |  |
| 少籽种 | 0.72 | 0.72 |  |  |  |  |  |
| 小计 | 0.72 | 0.72 |  |  |  |  |  |
| 2010 | 普通种 |  |  |  |  |  |  |  |
| 少籽种 | 0.6 |  |  | 0.6 |  |  |  |
| 小计 | 0.6 |  |  | 0.6 |  |  |  |
| 2011 | 普通种 |  |  |  |  |  |  |  |
| 少籽种 | 0.46 |  |  | 0.46 |  |  |  |
| 小计 | 0.46 |  |  | 0.46 |  |  |  |
| 2012 | 普通种 |  |  |  |  |  |  |  |
| 少籽种 | 0.46 | 0.46 |  |  |  |  |  |
| 小计 | 0.46 | 0.46 |  |  |  |  |  |
| 2013 | 普通种 |  |  |  |  |  |  |  |
| 少籽种 | 0.51 | 0.51 |  |  |  |  |  |
| 小计 | 0.51 | 0.51 |  |  |  |  |  |
| 2014 | 普通种 | 2.08 | 2.08 |  |  |  |  |  |
| 少籽种 |  |  |  |  |  |  |  |
| 小计 | 2.08 | 2.08 |  |  |  |  |  |
| 2015 | 普通种 | 4.64 | 3.64 | 1 |  |  |  |  |
| 少籽种 |  |  |  |  |  |  |  |
| 小计 | 4.64 | 3.64 | 1 |  |  |  |  |
| 2016 | 普通种 | 2.32 | 1.32 |  |  |  |  | 1 |
| 少籽种 |  |  |  |  |  |  |  |
| 小计 | 2.32 | 1.32 |  |  |  |  | 1 |
| 2017 | 普通种 | 4.6 | 1.95 |  |  | 1.65 | 1 |  |
| 少籽种 | 3.27 | 1.57 | 1.7 |  |  |  |  |
| 小计 | 7.87 | 3.52 | 1.7 |  | 1.65 | 1 |  |
| 2018 | 普通种 | 6.96 | 4.73 | 0.02 |  |  | 2.21 |  |
| 少籽种 | 3.6 | 2.66 | 0.62 |  |  | 0.32 |  |
| 小计 | 10.56 | 7.39 | 0.64 |  |  | 2.53 |  |
| 合计 | 普通种 | 20.7 | 13.72 | 1.02 | 0.1 | 1.65 | 3.21 | 1 |
| 少籽种 | 10.42 | 5.92 | 2.32 | 1.66 |  | 0.32 | 0.2 |
| 合计 | 31.12 | 19.64 | 3.34 | 1.76 | 1.65 | 3.53 | 1.2 |

**3 讨论**

红江橙脱毒种苗从砧木播种到苗木出圃一般需要12～14个月时间，而在气温较高的巴西圣保罗州，柑桔脱毒种苗培育从砧木播种到苗木出圃一般只需11个月，即播种后3个月移砧，再3个月后嫁接，嫁接后3个月摘心[8]。如何创新和进一步提高育苗技术，来缩短育苗时间，加快育苗进程，从而更好更快地为红江橙产业的持续、健康发展提供优质种苗，有待下一步研究。

红江橙脱毒种苗的嫁接时间相对集中在10月至次年2月，经常会出现集中嫁接期与采穗期不对应，或接穗供应不足的矛盾, 为了解决这个问题，需要开展接穗冷藏技术研究。

为了缩短红江橙非生产期和减少病源，实现有效投产期的延长，大幅度提高红江橙产业的整体效益，建议加大力度引进试验示范的和推广中国农科院柑桔脱毒大苗繁育应用技术及经验。

**参考文献**

[1] 何源委，伍兴甲，何懿平柑桔黄龙病及其控防对策[J].湖南农业科学，2015（1）

[2] 王玉英，高新一.植物组织培养技术手册[M].北京：金盾出版社，2006

[3] 朱彪,李妍程,杨良民.柑桔工厂化无病毒容器育苗技术规程[J].现代园艺，2012（8）

[4] 庞生，李强有，张曼其.江西红桔砧木春播与红江橙嫁接育苗技术[J]. 现代农业科技 2016 (12)

[5] 李太盛，周常勇，陈洪明.苗床柑桔脱毒苗的培育技术研究[J].中国南方果树，2010（3）

[6] 钟海强.柑桔黄龙病传播源与防治方法[J].现代园艺,2016（6）

[7] 张青闪，何永睿，文尚华，陈善春，鲁玉洋.红江橙无核(少核)选系的细胞遗传学初步研究[J].西南农业大学学报（自然科学版）,2016（6）

[8] 周宏光，张德才，毛祖法，胡强，邱春娇.巴西柑桔考察报告[J].中国南方果树，2003（5）

**作者简介：**刘建荣（1971－），男，本科，高级农艺师，从事南亚热作种苗培育与推广工作，电话：0759－2842328，13828288406，**E－mail:** [zjnkkys@163.com](mailto:zjnkkys@163.com)。

# 不同甘蔗品种在不同养分条件下的生长表现

冯学娟、张曼其、吴刃、梁明、廖积贤、陈东俊、赵丽宏

(湛江农垦科学研究所，广东湛江 524086 )

**摘 要** 为了更好地优化甘蔗施肥指标，开展了不同甘蔗品种氮磷钾配比设计试验，结果表明：桂柳05/136分别在N水平351.9kg/hm2、P2O5水平384 kg/hm2和K2O水平432 kg/hm2表现为较高的产量,平均产量为105945 kg/hm2；新台糖25号N水平234.6 kg/hm2、P2O5水平192 kg/hm2和K2O水平219kg/hm2表现为较高的产量,平均产量为93465 kg/hm2；粤糖00236 N水平234.6 kg/hm2、P2O5水平81 kg/hm2和K2O水平216 kg/hm2表现为较高的产量,平均产量为81375 kg/hm2。

**关键词** 甘蔗；品种；氮、磷、钾；肥料

目前适于应用的配方施肥方法主要有地力分级(区)法、目标产量法(养分平衡法、地力差减法)、肥料效应函数法、养分丰缺指标法等。其中，养分平衡法是国内外配方施肥中最基本和最重要的方法[1-4]。最佳施肥量的确定多是通过土壤基础养分的测定和肥料一作物效应函数的研究，取得各种基本参数，用以指导农业生产。它基本都是在某一特定气候条件下，对于某一肥力土壤、某种作物种类、品种的研究，是一个静态的实时监测模式，但在实际生产中，由于气候、作物轮作方式、土壤基础肥力等自然一生物条件的差异，势必造成肥料利用率、作物产量的不同，土壤养分的变化，由当前肥料效应方程获得的经济施肥量已不能适应以后的作物生产对肥料的需求，极可能造成肥料施用的不足或浪费。目前甘蔗配方肥的研制方法也是常采用3414，受限于某一地力、某品种等试验条件的影响。所以基于存在的问题，我们针对不同品种甘蔗对氮磷钾养分吸收差异性的研究，指在为垦区甘蔗合理施肥和配方肥的研制提供依据。

**1 材料与方法**

试验于2016.2～2016.12在广东省湛江农垦科研所试验地进行。土壤养分状况为中下等，其中有机质20.23g/kg,碱解氮78.43mg/kg，有效磷13.41 mg/kg，有效钾84.32 mg/kg，pH4.76。试验设不同甘蔗品种3个，分别是粤糖00236、新台糖25号和桂柳05/136，氮、磷、钾3个因素，每个因素5个水平，每个甘蔗品种13个处理，本试验共计39个处理。试验处理肥料用量见表1。每个处理26m2，长26m、宽1m。行距1m，每小区种植1行。采用甘蔗健康种苗种植，按每亩植1700株，每小区种植数量为66株，每株间距为39.3cm左右。施肥方法。氮肥：基肥、追肥各1次，基肥30%，拔节大培土期70%；磷肥：基肥100%；钾肥：基肥40%；追肥（拔节大培土）60%。施基肥时,蔗种不能与肥料直接接触,以免烧芽。分别在分蘖期、生长期和成熟期调查甘蔗的分蘖率、茎径、株高、有效茎、产量和田间锤度。

表1 不同甘蔗品种氮磷钾施肥比例各处理肥料施用量

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 编号 | 处理 | 纯养分总量kg/hm2 | | |
| N | P2O5 | K2O |
| 1 | N0P3K3 | 0 | 288 | 324 |
| 2 | N1P3K3 | 117.3 | 288 | 324 |
| 3 | N2P3K3 | 234.6 | 288 | 324 |
| 4 | N3P3K3 | 351.9 | 288 | 324 |
| 5 | N4P3K3 | 469.2 | 288 | 324 |
| 6 | N3P0K3 | 351.9 | 0 | 324 |
| 7 | N3P1K3 | 351.9 | 96 | 324 |
| 8 | N3P2K3 | 351.9 | 192 | 324 |
| 9 | N3P4K3 | 351.9 | 384 | 324 |
| 10 | N3P3K0 | 351.9 | 288 | 0 |
| 11 | N3P3K1 | 351.9 | 288 | 108 |
| 12 | N3P3K2 | 351.9 | 288 | 216 |
| 13 | N3P3K4 | 351.9 | 288 | 432 |

**2 试验结果分析**

**2.1 不同甘蔗品种肥料配方比例对甘蔗分蘖率和株高的影响**

6月份调查分蘖率（见表2）的结果表明：不同品种在不同氮磷钾水平处理的条件下分蘖率的表现不一致。桂柳05/136在N3、P3和K4水平表现为高分蘖率；新台糖25号在N1、P3和K3水平表现为高分蘖率；粤糖00236在N3、P0和K3水平下表现为高分蘖率。这也初步说明不同品种的分蘖率对氮磷钾的反应不一致。

7月份调查株高（见表2）的结果表明：不同品种在不同氮磷钾水平处理条件下株高的表现一致。桂柳05/136在N3 、P4和K3水平下植株最高；新台糖25号在N3、P4和K3水平植株最高；粤糖00236在N3、P4和K3水平植株最高。

8月份进行株高调查（见表2）结果显示：柳城05136在N3 、P4和K3水平下株高最高；新台糖25号在N3、P4和K3水平株高最高；粤糖00236在N3、P4和K3水平株高最高。对比七、八月份的株高变化趋势较为一致。但和分蘖率之间的变化趋势不完全一致。

表2 不同甘蔗品种肥料配方比例设计试验分蘖率和株高结果 单位：%、cm

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 编号 | 处理 | 桂柳05/136 | | | 新台糖25号 | | | 粤糖00236 | | |
| 分蘖率（6月） | 株高 （7月） | 株高 （8月） | 分蘖率（6月） | 株高 （7月） | 株高 （8月） | 分蘖率（6月） | 株高 （7月） | 株高 （8月） |
| 1 | N0P3K3 | 58 | 48.0 | 100.9 | 62 | 63.8 | 135.2 | 64.5 | 53.1 | 126.0 |
| 2 | N1P3K3 | 73 | 54.7 | 123.9 | **81** | 62.9 | 148.8 | 61 | 53.8 | 133.4 |
| 3 | N2P3K3 | 75 | 57.2 | 129.9 | 60 | 69.0 | 151.5 | 50 | 53.6 | 124.7 |
| 4 | N3P3K3 | 70 | 60.9 | 135.5 | 48 | 78.7 | 164.3 | 58 | 56.2 | 132.8 |
| 5 | N4P3K3 | 58 | 53.7 | 127.2 | 64 | 68.1 | 150.8 | 53 | 67.6 | 137.1 |
| 6 | N3P0K3 | 77 | 56.5 | 134.5 | 70 | 69.3 | 157.6 | **77** | 67.2 | 146.9 |
| 7 | N3P1K3 | 65 | 59.0 | 138.8 | 77 | 81.5 | 154.0 | 60 | 73.6 | 152.0 |
| 8 | N3P2K3 | 65.5 | 62.9 | 127.6 | 77 | 84.0 | 164.2 | 61 | 86.7 | 154.9 |
| 9 | N3P4K3 | 74 | **69.3** | 148.7 | 73 | **88.1** | 162.5 | 54 | **89.1** | **161.4** |
| 10 | N3P3K0 | 73 | 55.5 | 128.8 | 58 | 66.0 | 151.9 | 68 | 61.5 | 135.2 |
| 11 | N3P3K1 | 69 | 59.2 | 135.4 | 63 | 68.5 | 157.4 | 66 | 71.3 | 149.0 |
| 12 | N3P3K2 | 67 | 61.3 | **140.8** | 69 | 79.9 | 160.6 | 71 | 68.3 | 143.7 |
| 13 | N3P3K4 | **82** | 62.5 | 121.5 | 62 | 73.7 | 145.3 | 59 | 69.9 | 140.3 |

**2.2 不同甘蔗品种肥料配方比例对甘蔗茎径和有效茎的影响**

8月份调查茎径（见表3）的结果表明： 桂柳05/136在N3、P4和K3水平表现为高茎径；新台糖25号在N0、P3和K4水平表现为高茎径；粤糖00236在N3、P4和K3水平下表现为高茎径。初步说明桂柳05/136与粤糖00236的茎径对氮磷钾的反应一致；新台糖25号其茎径对氮磷钾的反应不一致

8月份有效茎调查（见表3）的结果表明：桂柳05/136在N1 、P3和K3水平下有效茎数最多；新台糖25号在N0、P3和K3水平有效茎数最多；粤糖00236在N3、P0和K3水平有效茎数最多。初步说明不同品种，其有效茎对氮的反应不一致; 有效茎对磷的反应基本一致;有效茎对钾的反应较一致。

表3 不同甘蔗品种肥料配方比例设计试验茎径、有效茎结果

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 编号 | 处理 | 桂柳05/136 | | 新台糖25号 | | 粤糖00236 | |
| 茎径  cm | 有效茎kg/hm2 | 茎径cm | 有效茎kg/hm2 | 茎径  cm | 有效茎kg/hm2 |
| 1 | N0P3K3 | 2.43 | 129461.54 | 2.68 | **132000.00** | 2.64 | 134538.46 |
| 2 | N1P3K3 | 2.41 | **177692.31** | 2.51 | 129461.54 | 2.66 | 137076.92 |
| 3 | N2P3K3 | 2.53 | 149769.23 | 2.61 | 129461.54 | 2.62 | 114230.77 |
| 4 | N3P3K3 | 2.51 | 147230.77 | 2.12 | 129461.54 | 2.57 | 111692.31 |
| 5 | N4P3K3 | 2.56 | 144692.31 | 2.57 | 129461.54 | 2.66 | 111692.31 |
| 6 | N3P0K3 | 2.48 | 172615.38 | 2.52 | 129461.54 | 2.61 | **154846.15** |
| 7 | N3P1K3 | 2.62 | 159923.08 | 2.63 | 129461.54 | 2.75 | 129461.54 |
| 8 | N3P2K3 | 2.43 | 175153.85 | 2.78 | 129461.54 | 2.64 | 139615.38 |
| 9 | N3P4K3 | **2.66** | 139615.38 | 2.53 | 129461.54 | **2.88** | 119307.69 |
| 10 | N3P3K0 | 2.47 | 142153.85 | 2.37 | 129461.54 | 2.49 | 121846.15 |
| 11 | N3P3K1 | 2.39 | 139615.38 | **2.8** | 129461.54 | 2.68 | 129461.54 |
| 12 | N3P3K2 | 2.36 | 129461.54 | 2.59 | 129461.54 | 2.57 | 121846.15 |
| 13 | N3P3K4 | 2.43 | 147230.77 | 2.76 | 129461.54 | 2.60 | 132000.00 |

**2.3 不同甘蔗品种肥料配方比例设计对甘蔗田间锤度的影响**

从表4调查的田间锤度数据表明， 桂柳05/136在N3、P3和K0水平表现为高的糖锤度；新台糖25号在N3、P1和K3水平表现为高的糖锤度；粤糖00236在N3、P3和K4水平下表现为高糖锤度。这也初步说明不同品种在不同氮磷钾养分配比下，田间锤度的反应不一致。不同的氮磷钾水平对甘蔗田间锤度影响有很大差别，如何制定不同的氮磷钾施用水平，需结合最终产量的确定。从试验的结果可以初步推算，不同品种想获得高产、高糖需要配比不同的氮磷钾施用水平。

表4 不同甘蔗品种肥料配方比例甘蔗田间锤度结果

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 编号 | 处理 | 桂柳05/136 | | | | 新台糖25号 | | | | 粤糖00236 | | | |
| 平均值% | 上% | 中% | 下% | 平均值% | 上% | 中% | 下% | 平均值% | 上% | 中% | 下% |
| 1 | N0P3K3 | 15.5 | 13.5 | 15.6 | 17.3 | 16.7 | 15.6 | 16.8 | 17.7 | 13.9 | 9.9 | 14.2 | 17.4 |
| 2 | N1P3K3 | 17.8 | 16.9 | 18.0 | 18.6 | 17.8 | 17.2 | 17.6 | 18.7 | 14.3 | 11.1 | 14.4 | 17.5 |
| 3 | N2P3K3 | 17.6 | 16.0 | 18.1 | 18.9 | 17.1 | 15.9 | 17.3 | 18.0 | 14.3 | 10.6 | 14.9 | 17.4 |
| 4 | N3P3K3 | 17.4 | 16.5 | 17.6 | 18.2 | 17.1 | 16.7 | 17.1 | 17.5 | 15.4 | 11.8 | 16.3 | 18.1 |
| 5 | N4P3K3 | 17.6 | 17.2 | 17.7 | 17.9 | 17.2 | 15.6 | 17.2 | 18.8 | 17.3 | 15.0 | 18.4 | 18.7 |
| 6 | N3P0K3 | 17.0 | 16.0 | 17.2 | 17.9 | 16.4 | 14.8 | 16.4 | 17.9 | 16.5 | 12.6 | 17.4 | 19.4 |
| 7 | N3P1K3 | 16.7 | 16.5 | 16.8 | 16.9 | **19.8** | 18.9 | 19.8 | 20.7 | 14.0 | 11.8 | 13.7 | 16.5 |
| 8 | N3P2K3 | 18.0 | 16.9 | 18.5 | 18.5 | 18.1 | 16.6 | 18.2 | 19.6 | 15.5 | 14.0 | 15.3 | 17.1 |
| 9 | N3P4K3 | 17.4 | 16.5 | 17.6 | 18.2 | 17.1 | 16.7 | 17.1 | 17.5 | 15.4 | 11.8 | 16.3 | 18.1 |
| 10 | N3P3K0 | **18.3** | 17.5 | 18.4 | 19.0 | 19.1 | 18.3 | 18.7 | 20.4 | 14.2 | 12.2 | 14.5 | 16.0 |
| 11 | N3P3K1 | 17.3 | 16.7 | 17.8 | 17.6 | 18.4 | 17.1 | 18.5 | 19.6 | 14.7 | 12.1 | 14.9 | 17.0 |
| 12 | N3P3K2 | 18.1 | 16.6 | 18.5 | 19.1 | 16.7 | 15.1 | 16.8 | 18.4 | 17.0 | 15.2 | 17.3 | 18.6 |
| 13 | N3P3K4 | 15.7 | 14.3 | 15.8 | 17.1 | 19.4 | 18.6 | 19.4 | 20.3 | **17.6** | 13.9 | 18.9 | 19.9 |

**2.4 不同甘蔗品种肥料配方比例对甘蔗产量和糖锤度的影响**

表5调查的产量数据表明， 桂柳05/136在N3、P3和K4水平表现为较高的产量；新台糖25号在N3、P2和K3水平表现为较高的产量；粤糖00236在N3、P1和K3水平下表现为较高的产量。磷钾对不同甘蔗品种的增产潜力不一，其中桂柳05/136在高氮高磷高钾的条件下维持一个相对较高的产量水平，平均产量可达到105975kg/hm2；而新台糖25和粤糖00236的产量分别在93465kg/hm2和81375kg/hm2左右。所以，不同甘蔗品种对养分吸收存在差异性，这就需要根据不同品种甘蔗的养分吸收特性，制定不同的施肥比例。

从甘蔗田间锤度的数据来看，氮磷养分不同，不同甘蔗品种的田间锤度反应不一，但由于受本年台风的影响，甘蔗倒伏率较多，所以总体田间锤度不高。桂柳05/136在N3、P2和K3水平表现为较高的田间锤度；新台糖25号在N1、P3和K3水平下表现为较高的田间锤度；粤糖00236在N3、P0和 k3水平下表现为较高的田间锤度。

表5 不同甘蔗品种肥料配方比例设计甘蔗产量和最终糖锤度结果

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 编号 | 处理 | 桂柳05/136 | | 新台糖25号 | | 粤糖00236 | |
| 产量  kg/hm2 | 田间锤度% | 产量  kg/hm2 | 田间锤度% | 产量  kg/hm2 | 田间锤度% |
| 1 | N0P3K3 | 69615 | 18.83 | 73365 | 19.90 | 63075 | 19.23 |
| 2 | N1P3K3 | 81540 | 17.33 | 76080 | **21.03** | 72885 | 18.63 |
| 3 | N2P3K3 | 86460 | 19.40 | 87315 | 20.77 | 80265 | 19.20 |
| 4 | N3P3K3 | 96345 | 19.30 | 84195 | 19.90 | 79455 | 17.93 |
| 5 | N4P3K3 | 104805 | 19.67 | 80955 | 19.27 | 77685 | 18.90 |
| 6 | N3P0K3 | 74235 | 18.70 | 76920 | 18.07 | 60960 | **21.13** |
| 7 | N3P1K3 | 82305 | 17.63 | 82500 | 20.60 | **82425** | 19.93 |
| 8 | N3P2K3 | 83850 | **20.27** | **98265** | 19.97 | 79035 | 19.43 |
| 9 | N3P4K3 | 102690 | 20.13 | 95955 | 17.97 | 78570 | 17.97 |
| 10 | N3P3K0 | 68310 | 18.17 | 86340 | 20.80 | 65190 | 17.97 |
| 11 | N3P3K1 | 84345 | 19.43 | 82305 | 18.70 | 75885 | 18.63 |
| 12 | N3P3K2 | 92235 | 20.03 | 94815 | 17.60 | 81420 | 17.73 |
| 13 | N3P3K4 | **110310** | 19.47 | 81540 | 20.67 | 79095 | 19.80 |

**3 结论与讨论**

**3.1** 试验结果表明不同甘蔗品种对氮磷钾三要素肥料及其施肥比例的效果显然不同，而在三个品种中，同一品种施用同一肥料配方上，从甘蔗萌芽、分蘖、生长到产量和田间锤度的效果也不相同。

**3.2** 经试验结果分析，我们在作物施肥及筛选施肥配方上，不仅是为了促进甘蔗生长，更是为了提升产量和品质。甘蔗通过科学施肥后，最终获得单位面积最大的蔗径产量和含糖量，才能获得最好的经济效益，因而选择合理的施肥配方尤为重要。

**3.3** 为了提升施肥效果，制定甘蔗肥料配方还需要做到因品种施肥。以上的试验也初步验证了，要使甘蔗专用配方肥的氮磷钾配方比例更适宜甘蔗的生产，需进一步明确不同甘蔗品种的养分需求量，从而在氮磷钾比例一致的基础上，调整甘蔗配方肥施用量是我们下一步需要进行的工作。

**参考文献**

[1]金耀青，张中原.配方施肥方法及其应用〔M].沈阳:辽宁科学技术出版社，1993,6

[2]刘成祥，周鸣铮.对Truog-Ramamoorthy测土施肥方法的研究与讨论[J].土壤学报，1986, 23(3):285-289

[3]部彦忠，谢红.配方施肥[J].河北农业科技,1994,(11):23-25

[4]张振栓，贾文竹.配方施肥技术规程（一）[J].河北农业,1995,(1):18-19

# 推广甘蔗地保护性耕作技术的对策和建议

刘胜利

（湛江农垦现代农业发展有限公司 广东湛江 524022）

**摘 要** 目前，甘蔗生产大国如巴西、澳大利亚等国家在实现机械化生产后使得甘蔗原材料价格在250～280元/吨，而湛江农垦甘蔗价格为450～480元/吨，在榨季湛江垦区虽有较低廉的劳动力，但手工作业的高成本、低效率，已使种植户的经济效益大大降低。采用全程机械化生产是降低甘蔗成本的关键所在，而甘蔗地保护性耕作技术则是制约甘蔗生产全程机械化的一个瓶颈问题。目前湛江垦区甘蔗立地环境复杂，甘蔗叶大部分是为清园就地焚烧，耕作仍采用传统翻耕方式，施肥以浅施和手工撒施为主，为了保持甘蔗高产而施用过量化肥，致使土壤酸化、有机质含量低、地力日益衰退等，造成化肥越施越多，甘蔗病虫害越来越严重，产量则越来越低的恶性循环后果。基于整治立地条件、保护甘蔗地生态、高效利用废弃资源来保育与改良土壤的需求，开展甘蔗地保护性耕作综合技术体系研究和推广工作显得非常迫切和必要。本文论述了各相关技术的特点、作用、意义及国内研究应用现状，剖析了主要存在问题，指出发展方向，并提出在湛江垦区推广甘蔗地保护性耕作技术的对策和建议。

**关键词** 甘蔗 垦区 甘蔗地保护性耕作技术

**一、甘蔗地保护性耕作简介**

**1.土壤保护性耕作技术必要性**

目前，我们面临着人类需求与自然界和谐相处的问题。因此，我们需要在进行农业生产时候尽量对自然生态的破坏降到最低。而土壤保护性耕作是目前适用最为广泛的技术之一。土壤耕作是对土壤进行物理操纵，以改善土壤对作物生长的条件。保护性耕作是指通过少耕、免耕、地表微地形改造技术及地表覆盖、合理种植等综合配套措施, 同时保护性耕作改变农田地表微环境，影响土壤有机碳含量及其矿化损失，从而减少农田土壤侵蚀, 达到保护农田生态环境,并获得生态效益、经济效益及社会效益协调发展的可持续农业技术的目的。随着农业生产规模的扩大、农垦职工经济实力的增强和机械动力功率的提高，耕整地机械特别是高效联合化功能现已成为世界上应用最广、效果最好、关注度最高的一项农业技术，同时它还能较好地解决土地资源保护与利用以及农业生产与生态环境保护之间的矛盾。至今已成为多数国家推广现代化可持续发展农业模式的主导性技术。

**2.甘蔗地保护性耕作技术**

甘蔗地耕作工序主要包括深松、耙地、旋耕、开沟等，结合耕作工序将甘蔗地保护性耕作技术主要分为三个方面：1）甘蔗地深松技术；2）甘蔗地废弃物粉碎还田技术；3）甘蔗地深施肥技术。

**二、甘蔗地保护性耕作技术特点、现状及发展方向**

**1．甘蔗地深松技术**

1）深松技术的必要性

深松是指在不把土层翻乱条件下，逐步加深耕作层，使生土熟化，耕作层增厚，从而改变土壤理化结构，同时由于耕作层加深提高了蓄水量，起到了保水作用，又切断了毛细管阻挡了毛细管内水向土表移动而被蒸发的情况发生，因此，深松可大大提高耕作层土壤的蓄水量，也就提高了土壤的保水抗旱能力，从而提高甘蔗的单位增产。深耕深松对于易出现季节性干旱的地区，是很好的防旱技术。

从甘蔗的生长发育、产量、产糖量以及经济效益来看，在甘蔗栽培中，采用纵横深松耕作的方式来进行保护性耕作的效果要明显好于单向深松作业和常规犁耕松土。因此，现农垦甘蔗地区主要采用纵横松土作方式种植甘蔗，可以极大提高甘蔗产量和经济效益。

2）深松技术的意义

甘蔗地机械深松技术，对于改良土壤理化性结构，疏松耕作层面、消除杂草以及减少地下病虫害效果显著，同时显著提高土壤含水量，提高甘蔗出苗率和分蘖率，促进甘蔗根系发达，加快生长速度，从而提高甘蔗产收率。

采用机械进行耕作，其耕作层为35～45cm，而且土层疏松，密度比耕前减少0.3g／cm3左右，同时固相、液相、气相比例均衡持久，还能促进土壤中的水、肥、氧气、热量相互协调。而牛耕或人畜耕作的耕作层，一般只有13～17cm，这一深度既限制了甘蔗根系的营养吸收，而且雨后土壤易板结，使根系难以深扎，抗旱性弱，以及抗倒伏性也弱，影响了甘蔗单位产量的提高。

3）深松技术国内外发展现状

目前，国外发达国家整地均已采用大型拖拉机配套深松机、大型旋耕机进行深松作业，深松深度达50cm—60cm。如巴西SB600 型深松犁耕深达 60 cm、重量约 1450㎏ ；我国大陆推出的1LH-438型深耕犁、1L-340型深耕犁、ZSL-2B深松器、1SL-160型深松机一般耕深为40cm、重量约 450㎏，已能基本满足应用需求，但在结构、能耗、使用寿命等指标上还有较大提升空间。同时基于湛江农垦地处亚热带地区，该土壤比阻和粘性较大的因素，现中国热带农业科学院农业机械研究所研制了一款深松旋耕联合作业机，作业后可有效改善土壤深层组织疏松度，经在垦区推广应用，取得了较好的效果。

4）国内外深松技术发展方向

联合作业是一项高效、节能的机械化技术，其经济效益、社会效益、生态效益显著，已成为国内外耕作机具的发展方向。目前，我国土壤耕作、深松所用的各种机具也正朝着联合作业方向发展，同时重点研究甘蔗地机械深松旋耕联合整地技术，将旋耕和深松作业结合，使能够在一次作业过程中完成两项作业，并在土壤深层形成类似松土铲尖布局的许多暗沟，以及在干旱时蓄水保墒，洪涝时排水抗涝，改良土壤的结构和渗水、透气性，这样才能有利于作物根系的生长发育，达到增产增收的效果。

**2．甘蔗废弃物粉碎还田技术**

1）废弃物粉碎还田必要性

目前湛江垦区种植甘蔗面积33万亩，每年收获甘蔗遗弃在蔗田中的蔗叶、蔗梢约达25多万吨左右。这些蔗叶、蔗梢遗留在蔗田中会影响我们对蔗田的后续作业（如破垄、耕翻甚至到甘蔗苗期的培土作业），现在大多采用就地焚烧或腐烂。如不加以利用，将造成大量的资源浪费和生态环境污染。展望未来，二十一世纪我们面对的最大挑战是满足社会日益增长的粮食需求，同时减少农业对环境的危害。澳大利亚在2009年建立了世界第一座直燃发电厂，同时给当地甘蔗农户增加了收入，随着甘蔗种植规模的不断扩大，解决好由其带来的废弃物利用问题已迫在眉睫，也是实现我国可持续发展的重要措施。

甘蔗废弃物含有丰富的氮、磷、钾、镁、钙等多种甘蔗生长必需矿物元素。将蔗叶粉碎还田后，能使蔗叶中的多种养分和有机质回归土壤，可有效地改善土壤的结构和理化性状，增加各种养分含量，达到节肥的目标，并可改善土壤的生物环境和土壤结构，提高土壤自身调节水、肥、湿、气的能力，对甘蔗长年连作的可持续稳定增产具有非常重要的意义。

2）甘蔗废弃物机械化还田的意义

针对甘蔗叶粉碎还田技术，近年来垦区针对甘蔗起垄种植特点和甘蔗叶特性研制了不少甘蔗叶粉碎还田机专用机具，如1GYF-120型、4F-1.8型等，均以轮式拖拉机配套动力，三点后悬挂于拖拉机上，利用拖拉机动力输出轴驱动机具动刀作高速运转而就地完成粉碎还田作业。但多数机型仍存在动力消耗大、作业成本高及还田后病虫害增多、甘蔗不增产等负面问题，生产上适用的标准化甘蔗叶粉碎还田技术模式成熟度还有待提高。

3）甘蔗废弃物机械化还田发展现状及发展方向

目前，湛江农垦甘蔗收获以后，有大量蔗头蔗根报废于田中，不仅影响后续正常作业，还增加蔗农负担。蔗头蔗根清除使得农场职工劳动强度加大，效率降低，并影响作物产出。蔗头蔗根粉碎后将有利于次季土地耕整、种植、施肥培土等一系列工序，提高职工劳动效率，以及增加甘蔗单位产量。因此甘蔗根茬粉碎还田机的研制对甘蔗地进行保护性耕作同样意义重大，目前以中国热带农业科学院农业机械研究所和广东广垦机械有限公司在甘蔗根茬粉碎还田机均进行了实验性研发，粉碎作业效果良好，并已进行大面积推广使用。

**3．甘蔗地深施肥技术**

1）甘蔗地深施肥必要性

对甘蔗地深施肥培土作业可使甘蔗土壤松碎透气，提高土壤蓄水保水能力，改善土壤土质，控制甘蔗多余的分蘖，去除杂草，增加养分，为甘蔗生长创造良好的条件。

2）甘蔗地机械化深施肥技术的意义

目前，甘蔗地在施肥培土耕作方面仍处于半机械化或人畜作业水平，用工量多、劳动强度大、效率低、成本高。同时施肥深度浅，施肥定位不精准，甚至有的未能撒施到沟里，造成肥料外露，增加了肥料的损失，降低了肥料的利用率。

机械作业无论是在管理成本方面，还是生产效率方面，效果都比人工作业佳。应用机械技术进行施肥培土作业能提高甘蔗养分利用率，增加单位产量，节约用工成本，比人工种植模式和畜力结合种植模式在出苗、分蘖、生长速度方面具有更好的促进作用，使得经济效益更加显著。发展甘蔗地机械化耕作特别是研发甘蔗一体化施肥培土机械已是产业发展的迫切需求，多功能一体化机对推进甘蔗保护性耕作具有重要的意义。

3）国内外甘蔗地深施肥技术现状

目前，从施肥和施肥成分来看，世界上先进国家实行“测土施肥、合理施肥、均衡施肥”，机械化施肥正向精密、定位施肥方向发展，向提高化肥有效利用率即深施技术方向发展，以及向自动控制和机电一体化方向发展。我国在甘蔗地施肥、培土方面的机械研发方面，国内以柳州汉森公司为例，其公司开发的1KFW-3开沟施肥机，可一次性开2—3条植沟，并同时完成施基肥、覆土的工序，同时避免种芽与基肥的直接接触受伤；3ZP-2X0.4系列甘蔗深松施肥培土机，适用于砂质土壤甘蔗小培土草等工序。中国热带农业科学院农业机械研究所研制的甘蔗叶深埋还田机，通过深埋的方式将粉碎后的甘蔗叶还田，以期达到快速腐解、调整土壤结构和减少化肥使用量的多重目的。

4）甘蔗施肥培土机械发展

虽然我国原甘蔗主产区的种植呈零星、分散、面积小等特点，种植的土壤类型主要为水旱田、旱坡地等，导致大型农业机械难以适应,但近几年通过土地整合，也有一些大面积连片的蔗地。我们湛江农垦蔗地地势平坦，大面积连片，因此在原有机械基础上，引进国外大型农业机械挂靠的重型拖拉机的技术和设备，也是刻不容缓。因此应根据甘蔗生产特点，研制适宜我国国情的甘蔗施肥培土机具，突出解决机具的可靠性和实用性。同样以中国热带农业科学院农业机械研究所和广西贵港市西江机械有限公司合作开发了3ZSP-2 型中型多功能甘蔗施肥培土机，能一次性完成旋耕除草、开沟、施肥、培土等作业，适应热带地区土壤条件，尤其适用于甘蔗中耕管理作业。

**三、湛江农垦发展甘蔗地保护性耕作的对策及建议**

当前，全球人口持续增长，到本世纪中，人口数量将稳定在90亿，以及全球气候变暖对主要粮食产量的影响，因此可持续发展已成为当今世界重要话题。联合国粮食及农业组织指出, 保护性耕作将成为新的绿色革命的主要技术之一。目前湛江垦区甘蔗地的机耕、开沟、培土施肥等均可进行机械化操作，也有一些自主研发和进口的甘蔗种植机和收砍机在推广使用。《国务院关于促进农业机械化和农机工业又好又快发展的意见》提出的目标是“到2020年基本解决甘蔗种植、收获机械化关键技术问题”。要实现这一目标必须从甘蔗全程机械化做起，不断完善甘蔗生产全程机械化技术和各项配套措施，开发适合湛江农垦的甘蔗地保护性耕作、管理和收获机械。

1.推进甘蔗地保护性耕作、管理和收获机技术的创新

结合湛江农垦的具体情况，湛江垦区地处雷州半岛，土地平坦，且大面积连片，我们和广西、云南等蔗区相比，地势相对平缓，发展甘蔗机械化条件得天独厚；农业部为此也将全国唯一的甘蔗机械化试验示范基地设在湛江垦区。因此，湛江垦区要因地制宜，充分利用好地理优势和国家的扶持政策，大力推进甘蔗地保护性耕作、管理和收获机技术的创新，加快甘蔗全程机械化步伐，为我国发展甘蔗机械化创出一条路子。

2.利用政策资源，把握发展方向

近年来，国家不断加大对农业扶持力度，并出台一系列文件，还专门制定了针对保护性耕作的政策《保护性耕作工程建设规划（2009—2015年）》，特别是今年以来，中共中央、国务院印发了《关于全面深化农村改革加快推进农业现代化的若干意见》，进一步凸显了农业在现阶段国家发展中的地位。如甘蔗地进行深松每亩补助15元、利用甘蔗叶发电每度电补助0.1元等，因此我们要充分利用政策的扶持，以市场为导向，同时引入民间资本，做好甘蔗地保护性耕作机械和技术的推广使用，从而达到环保、高效、高产、节能的目的。

3.因地制宜，引进发达国家农机技术

目前，我国旋耕技术在速度以及刀片刚度方面仍然存在很多不足之处，使得作业效果达不到要求，同时效率低，成本高。深耕机械方面也很难达到对土壤的深度要求。甘蔗收获机械国内还不够成熟，很难满足甘蔗全程机械化发展的需求。相比较而言，国外农机技术起步早，发展成熟，通过引进他们的先进产品，吸收消化他们的先进技术，这样可以缩短我国与发达国家之间的差距，同时以发达国家农机技术确保湛江农垦早日实现甘蔗全程机械化。

4.农机与农艺结合，推广适合垦区的机械

目前，我国正进行着一次具有世界影响力的城镇化建设，随着越来越多的农村人进入城市，我国农村人口将越来越少，加之农垦近几年一线农工退休人员增多，又没有相应的职工补充，故将导致人均耕地将大幅增长。面对新形势下的格局，农业机械将在近些年极具增长，农垦职工耕作将更多使用机械化耕作，这就需要农机与农艺的相结合，推广适合垦区的机械。也就是农机的发展要立足农垦职工，而职工也要学会农机操作，为此，国家在今年的一号文件里特别强调了农机与农艺的结合。就综合现阶段国情来看，提高农机具补助，建立甘蔗地保护性耕作示范基地，对职工进行必要的技术性培训，让职工真正了解到甘蔗地保护性耕作带来的好处已成为当务之急。

总之，湛江农垦现推广甘蔗地保护性耕作技术还处于起步阶段，效果还不能十分让人满意，要想实现正真意义上的推广，还有待进一步的实践。经过几年的试验推广，甘蔗地保护性耕作技术越发成熟，各项配套措施也越来越完善，在劳动力成本不断增加的今天，也愈发体现推广甘蔗地保护性耕作技术的重要性和必然性。推广甘蔗地保护性耕作技术虽然还有很远的路要走，但因为它可以降低劳动强度，提高劳动生产率，提高生产效益，实现垦区的“职工增收、企业增效”整体目标。所以，推广甘蔗地保护性耕作技术，符合国家农业现代化的发展方向，是农垦未来工作的指导方向，也将成为甘蔗产业今后发展的必经之路。

作者简介:刘胜利，男（1968-），陕西蒲城人，高级农艺师，1992年毕业于西北农业大学植物保保专业，2009年取得海南大学农村与区域发展专业农业推广硕士学位。现任湛江农垦现代农业公司副经理，湛江广垦雄鸥茶业有限公司董事长。主要从事甘蔗、茶叶、菠萝、橡胶等农作物农技推广及农业机械化推广工作。E-mail地址：yhliusli@126.com。

# 江西省乡村振兴路径选择研究

麻福芳 ，徐光耀，戴天放

江西省农业科学院农业经济与信息研究所，江西南昌，330200

**摘 要** 党的十九大提出“乡村振兴战略”，为农业农村发展指明了方向。在此机遇下，江西省作为我国重要的粮食生产基地，农业处于弱势产业，农业农村经济发展落后，乡村振兴战略进程推进任重道远。本文在总结国外日本、韩国以及西方乡村发展经验以及国内的西江、汉源、田园综合体等经验的基础上，根据江西省农业发展的实际，在实现农业农村现代化，确保粮食安全，激活乡村资源，发展农业特色产业，乡村神态文明建设，农业科技推广利用率，社会化服务以及城镇化建设等方面存在诸多急需解决的问题，提出了江西省推进乡村振兴的路径。

**关键词** 乡村振兴；农业现代化；粮食安全保障；农业社会化服务

中图分类号：F207

Research on the Promotion Path of Rural Revitalization Strategy in Jiangxi Province MA Fufang，XUGuangyao，DAITianfang

(Institute of Agricultural Economics and Information, Jiangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanchang, 330200, China)

**Abstract:** The 19th National Congress of the Communist Party of China put forward the "Village Revitalization Strategy", which pointed out the direction for the development of agriculture and rural areas. Under this opportunity, Jiangxi Province as an important grain production base in China, agriculture is a weak industry, agricultural and rural economic development is backward, and the rural revitalization strategy is a long way to go. Based on the experience of foreign countries in Japan, South Korea and Western countries, as well as the experience of Xijiang, Hanyuan and Idyllic complexes in China, this paper realizes the modernization of agriculture and rural areas, ensures food security and activates rural resources based on the actual development of agricultural development in Jiangxi Province. There are many problems that need to be solved in the development of agricultural characteristic industries, rural demeanor civilization construction, agricultural science and technology promotion utilization rate, socialized service and urbanization construction. And this paper puts forward the path of promoting rural revitalization in Jiangxi Province.

**Key words:** Rural revitalization; Agricultural modernization; Food security; Agricultural

socialization service

**0引言**

十九大报告首先提出了“乡村振兴战略”，为近6亿中国农村人口擘画了宏伟而美好的蓝图。从“社会主义新农村建设”到“乡村振兴战略”反映出党中央对农村的再定位，对于我们下一步的乡村建设具有深远影响。十九大报告强调，必须始终把解决好“三农”问题作为全党工作的重中之重，坚持农业农村优先发展，实施乡村振兴战略，探寻新时代中国特色的乡村振兴道路。作为国家战略，推进乡村振兴是一个庞大的系统工程。2017年年底，中央农村工作会议指出，如期实现第一个百年奋斗目标并向第二个百年奋斗目标迈进，最艰巨最繁重的任务在农村，最广泛最深厚的基础在农村，最大的潜力和后劲也在农村。人民日报评论提出，应立足“大国小农”的基本国情农情，走中国特色社会主义乡村振兴道路。这包括重塑城乡关系的城乡融合发展之路、巩固和完善农村基本经营制度的共同富裕之路、深化农业供给侧改革的质量兴农之路、坚持人与自然和谐共生的乡村绿色发展之路、传承发展提升农耕文明的乡村文化兴盛之路、创新乡村治理体系的乡村善治之路、打好脱贫攻坚战的中国特色减贫之路。 通过这七条道路的实施，推动中国特色的乡村振兴，让农村不再是落后之地、贫穷之地、荒凉之地的代名词，而将成为美丽之地、富足之地、生机勃勃之地的新名片。

江西省作为我国重要的粮食生产基地，农业处于弱势产业，农业农村经济发展落后，乡村振兴战略进程推进任重道远。如何能加快实现农业农村现代化，实现乡村振兴，成为摆在江西省“三农”发展面前的重要课题。本研究在借鉴国内外乡村发展的基础上，为江西省实现乡村振兴提出了推进路径选择，有利于中部相邻省份、省情类似省份予以借鉴学习，提供参考意义。

**1国内外乡村振兴经验启示**

**1.1国外模式**

1.1.1日本模式

日本经济在第二次世界大战后，遭受沉重打击，战后采取一系列措施发展经济。20世纪50-60年代，日本工业现代化全面开展，发展重点集中在东京、大阪、神户等大城市，大城市得到迅速发展，城乡差距扩大。农村剩余劳动力转移到工业和其他非农产业中，农村青壮年人口大量外流，农村劳动力以老年人和妇女为主，农村劳动力减少，农业生产力大幅下降，农村面临瓦解的危机。在此背景下，20世纪70年代日本的造村运动，以重新振兴农村为目标，在乡村自发性的开展起来 。日本政府投入资金、科技、人力等进行造村运动，取得巨大成就，其中最为成功的形式就是 “一村一品”，即在政府引导、支持下，发展以特色产品为基础的地方经济发展模式 。造村运动以开发农特产品为目标，培育各具优势的产业基地，增加产品的附加值，加强农民组织建设，开发市场，促进农产品的生产流通，开展农民教育培训，为农业发展提供人才和技术支持、资金支持。造村运动是从下而上，由地方自发性产生的运动，主要依靠广大居民自主性的参与，只有让村民认定乡村建设是村民自己的建设事业，才能激起村民推动农村建设的动力。政府主要工作是引导群众开动脑筋，多想办法，唤起他们建设家乡的热情和干劲，并在技术指导、信息服务、市场开发等方面为农民提供服务。

1.1.2韩国模式

20世纪60年代，受战争和政府重工轻农政策的影响，韩国工农业发展严重失调，城市居民和农村农民的年平均收入水平差距拉大，农村劳动力老龄化严重，农业后继无人，加上农业机械化发展滞后，导致部分农村地区的农业濒临崩溃的边缘。面对农业和农村结构性尖锐矛盾，韩国政府在1970年代发起以“勤奋、自助、协作”为指导思想的“新村运动” ，力图将旧有的农村和农村社会建设成为崭新的农村和农村社会，实现农村现代化。韩国新村运动是由政府主导的自上而下与群众参与广泛结合的模式，韩国新村运动以建设新农村、新国家为目 标，以勤勉、自助、协同、奉献为精神理念，通过教育改变人们的思想，以农民的亲身实践、政府扶持为主要形式，激发村民自信心，再内化为实现乡村发展的动力。政府设置奖勤罚懒的机制，重在激发村民内部的积极性，发动全社会帮助农村建设。韩国的新农村运动实施过程，政府并没有提出很高的目标，而是引导村民从拓宽道路、建设洗衣设施、改造屋顶入手，提高基础条件，改善生活条件，之后建设村民会堂，再到引导发展农村工业园，帮助农民提高非农收入。

1.1.3西方模式

西方农业发展较早，农业现代化程度高。美国是世界上经济高度发达的国家之一，农业现代化起步较早，是世界上最早实现农业现代的工业化强国。美国在任何时期都把农业作为扶持的重点，以立法的形式，对农业发展实行全面的保护，形成了以《农业法》为基础，由100多个重要法律配套共同组成的完善的农业法律体系，涉及了农业农村生产、生活的各个方面 。高度重视科技在农业生产中的推广应用，采用农业机械化，实现规模化生产。美国农业的科技贡献率高达80%，科技成果转化率高达60%以上，这不仅可以提高农业生产率、提高农业经济效益，还提高了其在全球农产品中的竞争优势。欧盟国家对农业发展的扶持主要体现在共同农业政策。欧盟通过采取各种措施鼓励农业发展，为农户提供生产、科研、推广、加工和市场服务等公共服务，提供信贷和税收支持等优惠政策，对出口实行补贴和出口信贷，促进贸易，开拓农产品的国际市场，提供农业保险，分担农民风险；在支持农业发展同时，实行环境政策，保护农业环境、改善动物福利，通过社区发展政策，完善农村基础设施，通过社会发展政策 ，保护农村文化，推进村庄复兴，通过人力资源政策，提高青年农民素质，培训农民技能和素质。

**1.2国内模式**

1.2.1西江模式

西江千户苗寨位于贵州黔东南，在2008年之前是个“经济落后、贫困面广、文化保护乏力的传统村落” ，自2008年以来，经过十多年的发展，西江千户寨的旅游接待人由2008年的78万人次增加到2017年606万次，旅游收入由2008年的1亿元增加到2017年的49.91亿元，人均收入从1700元（2007）增加到2.21万元（2017），增加了12倍。西江苗寨通过以发展旅游为导向，形成了完整的旅游产业链，带动了其在经济、文化、社会、经营、脱贫等众多方面的发展，实现了脱贫致富，改善了人们的生活，旅游品牌日益做大，民族文化得到发展，生态环境日益改善，形成了乐居乐业乐游的和谐局面，实现了乡村的振兴。西江模式为少数民族地区实现乡村振兴提供了借鉴意义。

1.2.2汉源模式

四川省汉源县是典型的山区县，通过利用政策引导，鼓励创业、培训技术等手段，发展、壮大甜樱桃、金花梨、花椒等特色优势产业，实现规模化生产，鼓励发展新型经营主体，提供社会化服务，为农业发展提供技术服务、资金支持，实现多种产业融合，增加农民收入，发展农村经济。通过多年的实践探索，破解了山区普遍面临的“人走、地荒、钱缺” 的深层次难题，乡村发展呈现了蓬勃发展的局面。汉源模式为山区地区的乡村振兴提供了借鉴意义。

1.2.3田园综合体模式

田园综合体是一种新型的组织形式，是集现代农业、休闲旅游、田园社区为一体的特色小镇和乡村综合发展模式，是在城乡一体化融合发展格局下，顺应农村供给侧结构性改革、新型城镇化升级发展和新产业新业态发展，结合农村产权制度改革，实现农业现代化、新型城镇化、社会经济全面发展的一种可持续绿色发展的新模式。2017年它作为乡村新型产业发展的亮点措施写进了中央 1 号文件，并在 18个省份开展田园综合体建设试点。田园综合体通过对当地资金、土地、人力等要素资源的优化配置，有利于农业农村农民同步发展，同时也需要产业发展、社会经济发展和生态环境保护。发展田园综合体，不仅有助于从根本上解决农村的生态环境和农业生产能力问题，而且还可以提高农民生活水平、实现农业现代化并推进城乡融合发展。

田园综合体目前主要有五种模式：（1）特色产业带动模式。以当地特色优势产业为主导，以产业链条为核心，通过纵向延伸、横向延伸，形成特色产业园，从而带动产业和乡村发展。（2）文化创意带动一二三产业融合发展模式。以农业产业链和三产业融合发展为基础，结合当地的传统风俗、文化、特色，形成的以文化旅游为主题的田园综合体模式。（3）城郊片区发展模式。利用城郊的区位优势，以田园风光、生态环境为基础，为城乡居民提供一个亲近自然的休闲体验区为主要特色的生活型田园综合体。（4）农业创意和农事体验模式。利用当地的生态环境、自然风光，结合当地的乡风文化，深化创意特色，形成乡风乡俗和农事体验为一体的创意性田园综合体。（5）田园享老型模式。适应我国老龄化日益严重的趋势，以农业休闲为主体，打造集农业休闲、养生度假、健康饮食、农耕体验为一体的田园综合体 。

**2江西推进乡村振兴战略的发展路径**

根据“乡村振兴战略”，结合江西省乡村发展的实际，江西省应从以下几方面推进乡村振兴战略的实现：

**2.1农业农村现代化是实现乡村振兴的战略目标**

乡村振兴战略的目标是到2050年实现乡村全面振兴，农业强、农村美、农民富全面实现，这就是实现农业农村现代化。我国农业农村现代化道路，应该走中国特色的现代化道路，即是根据中国人多地少的发展中大国的国情，从生物技术现代化入手，提高农产品的质量和产量，保护环境，一二三产业融合发展，多业并举，多途并进，产加销一体化经营，走出一条效率高、效益优、资源节约、环境友好、可持续发展的中国特色农业现代化道路。

江西作为中部重要省份，生态环境良好，农业地位重要，但是仍是一个农业经济弱省。农业发展中存在诸多问题：一是政府对农业投入较少，严重影响了绿色农业技术的投入、研发，农业补贴制度需要进一步完善，以更好的调动农民采用绿色技术生产的积极性，进一步完善金融支持力度，为新型经营主体和先进龙头企业的发展提供资金支持；二是农业产品品牌较少，知名度、美誉度较低，严重影响了农产品的销售、流通。三是农产品的价值较低。农产品大多为初级加工，农产品的附加值、科技含量低，需要进一步延长生产链、提高附加值，扩大市场占有率；四是在经济发展过程中忽视环境保护，应切实提高环保意识，鼓励采用绿色技术、保护生态环境，发展无公害、绿色农产品；五是未能充分发挥一二三产业融合发展，服务业发展滞后，服务意识淡薄，未能发挥江西省优美的生态环境资源。因此江西省的农业农村现代化要从基础设施着手，完善农业基础设施，加大投入及其他扶持力度，实现三产融合，做大农业品牌，做好服务，更好的推进乡村振兴战略的实施。

**2.2激活乡村资源是实现乡村振兴的内在支撑**

乡村振兴战略的实施，乡村振兴的实现，不能仅仅依靠外部力量的推动，还要发挥乡村资源的优化配置。这就需要深化农村改革，激活乡村人才、土地、资金等要素，调动各种要素资源的积极性，打破对长期以来所形成的外部性发展路径的依赖。

深化农村改革，要从土地制度着手，激发土地活力，形成所有权、承包权、经营权三权分立的市场格局，放活经营权，加快土地流转，为农业规模化经营提供土地基础；加强立法，完善各种制度体系，将土地利用、环境保护、动物福利、规划布局、乡村文明等涉及农村、农业的各个方面纳入法律法规保护体系中，为乡村振兴的实现提供法律保障。；调好农产品区域布局，搞好“粮食生产功能区、重要农产品生产保护区、特色农产品优势区”、“现代农业科技园、现代农业产业园、现代农业创业园”和“田园综合体”规划，合理划定畜禽禁养区、限养区、可养区。激活乡村的各种资源，发挥其活力，以促进乡村振兴战略的实施。

**2.3发展优势特色产业是实现乡村振兴的必由之路**

产业兴旺是乡村振兴战略的总要求，是实现乡村振兴的必由之路。乡村振兴战略的实施，必须要因地制宜，遵循差异性原则，挖掘江西农村发展的比较优势，扬长避短，突出特色，寻优推进，走特色化的乡村振兴道路。

江西省是我国重要的商品粮基地，水稻生产在农业发展中地位重要。要大力发展粮食产业，提升稻米的品质，做大做强稻米品牌，提升竞争力和知名度，增加种粮农民的积极性和收入。作为革命老区，江西省红色旅游资源丰富，革命历史遗迹众多，人文景观多，氛围浓厚，是重要的科普基地，同时生态环境良好，山清水秀，有众多良好的自然旅游景点，如庐山、三清山、龙虎山、明月山等，在国内外享有良好的声誉。江西乡村振兴要抓住这些抓手，延长生产链，促进一二三产业融合发展，提升附加值，发展休闲旅游，发挥自身优势，推进乡村振兴。

**2.4发展乡村生态文明是实现乡村振兴的基本要求**

乡村生态文明是乡村生态文明是指农民在长期的生产和生活中所形成和创造的优美生态环境与良好文明行为的总称。乡村要振兴，就要体现乡村特点，注重民俗风情，讲究文明礼节，重视乡土文化，留住青山绿水。生态平衡是维护人与自然之间和谐相处的必然要求，要通过尊重、顺应、保护自然和生态环境来捍卫人类命运共同体。以牺牲环境为代价的经济建设，违背自然规律，将会危及人类生存。

江西生态环境良好，山清水秀，生态是江西最大的优势，江西要实现乡村振兴，需要继续秉持“既要金山银山，更要绿水青山”的生态文明理念，继续组织实施“五河一湖”生态综合治理等一系列重大生态环境工程，切实保护好江西的青山绿水，树立绿色政绩观、绿色生产观和绿色消费观，构建绿色产业体系，把生态优势转化为产业优势、经济优势，完善生态法律、法规和政策保障机制，把江西建设成为全国生态文明示范省、美丽中国的排头兵。

**2.5保障粮食安全是实现乡村振兴的首要任务**

粮食是国家的战略资源，是国民经济的基础，任何时候都不能放松粮食安全，严守耕地红线，藏粮于地、藏粮于技，切实把粮食安全牢牢掌握在国民自己手里。要保障国家的粮食安全，就要保障种粮农民的生产积极性，提高粮食综合生产能力。粮食作物是我国农民大面积耕地收入的主要收入来源，只有保障了种粮农民的收入增长，才能保障国家的粮食安全，才能进一步保障乡村振兴和国家的长治久安 。

江西作为重要的粮食生产基地，自2004年以来粮食产量连年增长，是新中国成立以来两个粮食净调出省之一，对于保障国家粮食安全有重要地位，任务艰巨，既要保障本省人民的粮食需求，又担负着调出粮食的任务，粮食生产至关重要。江西省农业结构要坚守粮食安全底线和生态保护红线，加大资金整合力度，完善基本农田保护，建设高标准农田，统筹粮食作物和经济作物的生产；坚持最低收购价制度和农业补贴制度，并予以调整完善，发展优质水稻，提高粮食品质，增加农民收入，提高种粮农民积极性，保障粮食安全，为乡村振兴提供坚实的物质前提。

**2.6农业科技进步是实现乡村振兴的主要动力**

科技是第一生产力，科技对农业生产的贡献率在日益增强，科技成果的应用可以提高农业生产率，增加农产品的科技含量，提高农产品的市场竞争力；加强农业科技的推广、应用，提高科技成果的转化率，将农业科技成果应用于农业生产，提高农业单产，实现农业的“提质增效”、农民增收。

农业科技是实现农业发展方式由粗放型向集约型转变的关键。为实现江西农业发展方式的转变，提升农业的科技导向，需要建立完善的科技体制，加强农业科技投入，增强农民科技意识，提升素质，加快农业科技的应用。在粮食生产上，要推广应用优质、高效、抗逆的新品种，稳定粮食生产，积极应用经济作物新品种、新组合技术，同时提高作物栽培技术、测土配方技术、病虫害防治技术等；加大政府科技投入，建立高科技农业园区，提高农业科技含量，推广农业科技技术，实现产学研一体化发展，为农业农村现代化提供科技支撑。

**2.7社会化服务是实现乡村振兴的重要支撑**

农业社会化服务，为农民生产提供种子、生产物资、资金、技术、人力等方面的咨询服务，更好的服务农业生产，实现农业现代化、机械化、规模化、标准化、无公害化生产，获取规模化的收益，实现农业的现代化。同时加强对农民的培训，提高农民的生产技能和素质，获取市场信息的能力，以市场为导向进行生产，实现农业供给侧改革，增加农民收入，推进乡村振兴的进程。

江西率先开展公益性农技推广体系与经营性服务体系融合发展， 以水稻、生猪、油菜、柑橘、猕猴桃、茶叶为代表的新型现代农业十大产业技术体系已经建成， 全方位服务现代农业发展。2016 年江西农业科技进步贡献率达到 57%。目前水稻耕种收综合农机化率超过 75%，双季稻机插率为26%。同时，江西已经创建国家级现代农业示范区 11个、省级现代农业示范区 66个，建设核心区 121个。2017年全面启动了“整省推进信息进村入户示范省”和“智慧农场”工程，推进省市县三级“123+N”智慧农业建设，江西智慧农业项目也已成为全国农业领域唯一的国家 PPP 示范项目 。

**2.8新型城镇化是实现乡村振兴的坚实依托**

新型城镇化的根本目的是为了解决城乡发展不均衡的问题，让城乡居民享受同样的公共福利。乡村振兴，实现乡村发展的最终境界就是小城镇。农业的企业化、农场化、产业化和人口集聚化将是未来江西乡村发展的基本趋势。

江西省农村发展落后，城镇化建设规划缺失，住房结构、层高涉及、建筑容积不科学不合理，消防隐患多，环境污染严重，并不是宜居环境。这是新型城镇化应该解决的问题。首先要合理规划布局，产城融合发展，加大对农村基础设施、教育、医疗卫生等公共服务的投入，缩小城乡差距；其次要注重环境保护，以人为本。城镇化建设必须走绿色发展道路，坚持生态文明理念，加强污染治理，实现人与自然和谐统一，走可持续发展的城镇化道路；最后，城镇化建设要尊重当地的文化、产业、传统风俗，在挖掘文化创意、特色产业的基础上建设特色小镇，做大做强休闲农业，发展旅游业。例如修水蚕桑特色小镇、玉山油茶特色小镇、广昌白莲小镇、樟树中药材特色小镇等。

**3结论**

党的十九大提出的“乡村振兴战略”，极大地调动了广大农民的生产积极性，为我国乡村发展指明了方向。但我国乡村地域差异明显，经济发展不平衡，各地应当结合实际制定符合自身特点的“乡村振兴战略”。江西省在“乡村振兴战略”的推进中应当创新农村工作机制，开创具有江西特点的乡村振兴之路。要使以上推进路径得以实施，需要采取以下保障措施：一是必须加大省级财政对推进“乡村振兴战略”的扶持力度。主要用于乡村基础设施的投入、农业科技的扶持，以及新型经营主体发展的扶持、城镇化的建设。二是统筹规划好乡村振兴的蓝图。全省有步骤有重点的推进乡村规划、布局，既要改善乡村面貌，又要科学合理的布局，保护好当地的风土人情、乡村文化。三是加强组织领导，分层落实任务，确保各项政策，落实到位，推进乡村振兴战略的实施。四是实施最严格的生态环境保护制度。严禁以牺牲环境为代价发展乡村，保护青山绿水，防治乡村各种污染。五是深化乡村改革。推进土地三权分立制度，激活土地活力，实现土地适度规模经验。同时，确保土地红线制度，保护土地，落实粮食主产区的责任，保障粮食安全。六是建立、完善农业生产经营体系和社会化服务体系，为农业农村现代化提供经营服务网络，打造社会化服务平台。七是加快城镇化建设，以人为本，实现城乡统筹发展，共享社会公共化服务。只有这样才能走出一条社会江西发展的乡村振兴道路。

**参考文献**

[1] 《中央农村工作会议在北京举行学习习近平作重要讲话》，中国政府网，2 0 1 7年 1 2月29日， http://www.gov.cn/xinwen/2017-12/29/content\_5251611.htm。

[2] 周 立 .乡村振兴战略与中国的百年乡村振兴实践[J]. 人民论坛·学术前沿,2018(03):6-13

[3] 文俏，陈 磊 .日本的造村运动及其对中国新农村建设的启示[J].世界农业 ,2006（07） ：8-11

[4] 颜毓洁，任学文.日本造村运动对我国新农村建设的启示[J].现代农业,2013(06):68-69

[5] 李晴. 东亚韩国、日本“新村”建设的特色与启示[J].上海城市规划,2012(01):89-94

[6] 王志，董雅慧.美国农业发展对我国新农村建设的启示与借鉴[J].现代物业，2010(06):90-92

[7 ] 贺达水.欧盟与美国兴农宏观政策的经验与启示[J].党政干部论坛，2006(04):44-45

[8] 孙志香.“西江模式”为民族地区乡村振兴提供借鉴意义[N]. 中国民族报/2018 年/6 月/22 日/第 005 版.

[9] 四川省社科院课题组.山区乡村振兴的汉源经验[J] ，当代县域经济，2018（7）：48-52

[10]陈玉荣.田园综合体模式助力乡村振兴[J].环境经济，2018(11):52-57

[11]杨新荣，唐靖廷，杨勇军，等.乡村振兴战略的推进路径研究———以广东省为例[J].农业经济问题,2018(06):108-116

[12]唐安来，翁贞林，吴登飞，等．乡村振兴战略与农业供给侧结构性改革——基于江西的分析［J］ ．农林经济管理学报，2017，16( 6) : 803－808．

# 9个卡蒂姆咖啡品种品质研究[[6]](#footnote-6)

郭铁英[[7]](#footnote-7)，白学慧，赵明珠，马关润，萧自位，张洪波，周华，李锦红，苏琳琳，匡钰

云南省德宏热带农业科学研究所 瑞丽 678600

**摘 要** 对在瑞丽市定植的9个卡蒂姆品种进行商品豆物理特性、内含物及杯品质量进行测定评价，35号、46号、37号和42号4个品种的鲜干比低于5.5，50号和37号出米率较高，46号千粒重最高；17号筛分级后，≥17#商品豆总重以及≥17#正常豆总重48号最高，35号、36号、49号的千粒重、≥17#商品豆总重以及≥17#正常豆总重均偏低；≥17#畸形豆及碎豆重，37号最高， 43号最低；≥17#斑点豆重，42号最高，49号最低； ＜17#畸形豆及碎豆重，35号最高，42号最低；＜17#斑点豆重，42号最高，48号最少；蛋白质含量35号最高，粗脂肪含量50号最高，组纤维含量46号，总糖含量36号最高，水浸出物含量43号最高，咖啡因含量35号最高；杯品质量测定35号、49号、50号分值较高。综合来看，9个品种在瑞丽物理特性表现出色，品质表现中等，生产上可以考虑推广应用。

**关键词** 卡蒂姆 ；品质 ；咖啡

咖啡是茜草科（Rubiaceae）咖啡属（*coffea*）常绿灌木或小乔木，是世界三大饮料之一。20世纪50年代中国大陆开始规模化种植咖啡[1]，近年来在国家政策和各级政府的扶持下，我国咖啡产业发展比较迅速，产业规模不断扩大，主要种植地区集中在云南南部热区[1]，2012年云南咖啡种植面积及产量就已占全国99%以上。咖啡是云南热区特色优势产业和重要创汇农产品之一，是云南高原特色农业的一颗明珠。云南小粒种咖啡主要栽培品种卡蒂姆7963、P1、P2、P4、PT（P86）、T5175、T8667、CCCA25等都属于蒂姆（HDT）衍生种，卡蒂姆类咖啡占绝大多数，但由于锈菌新生理小种的出现，卡蒂姆类咖啡正在逐渐丧失抗锈病性[2]。品种抗锈病丧失是制约我国咖啡产业发展的重要因素，推广利用抗锈病品种才能更好的促进我国咖啡生产的发展。

卡蒂姆类咖啡是由葡萄牙咖啡锈病研究中心（CIFC）用Caturra19/1×HDT832/1（HW26）和Caturra19/1×HDT832/2（H46）选育出的杂交种的统称，在诸多咖啡生产国得到了进一步的选育和适应性研究。1991年云南省德宏热带农业科学研究所从肯尼亚咖啡研究所引入卡蒂姆系列品种9个，1992年育苗，1993年～1997年对其部分植物学特征、农艺性状、大田抗锈病性等进行观测[3]。本文继续对次9个卡蒂姆系列品种进行研究，对其商品豆物理特性、内含物、杯品质量进行测定评价，为生产上推广利用提供理论支撑。

**1 材料与方法**

**1.1试验材料**

参试品种为“农业农村部瑞丽咖啡种质资源圃”中保存的35号、36号、37号、42号、43号、46号、48号、49号、50号（表1）。1991年云南省德宏热带农业科学研究所从肯尼亚咖啡研究所引入，1992年育苗，1993年定植，2009年的截干复壮（图1）。

表1各个品种定植株数

Table 1 Plantging Number of the 9 Catimors

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 品种编号 | 35号 | 36号 | 37号 | 42号 | 43号 | 46号 | 48号 | 49号 | 50号 |
| 定植株数（株） | 46 | 44 | 68 | 41 | 69 | 42 | 46 | 36 | 49 |

**1.2 试验地点与条件**

参试品种定植在云南省瑞丽市瑞京路，云南省德宏热带农业科学研究所试验田（N24°01′，E97°51′），海拔798m，年平均气温20.7℃，极端最高温为34.4℃，最冷月均温13.3℃，年降雨量1400mm，年平均相对湿度80%，年日照时数2351.1h，土壤为花岗岩母质砖红壤性红壤，pH4.7～5.6。种植模式为橡胶林下间作咖啡，荫蔽种植，咖啡种植株行距1m×2m，橡胶株行距2.5m×14m。整个试验期间不喷施农药，除草、中耕、修剪等其他田间管理措施与其他试验田管理相同。

**1.3 待测样品制备**

采用全水洗法对咖啡鲜果进行初加工（又称湿法加工）：采摘完全成熟鲜果→去除杂质→去除果皮→发酵12h→加少量水继续发酵24h→清水清洗至无果胶→阳光下干燥至水分12%待测。制样地点：瑞丽。

**1.4商品豆物理特性评价**

取200g咖啡商品豆，测千粒重，17号筛分级，按照NY/T 1519-2007分别测定各级正常豆重、畸形豆、碎豆豆重与斑点豆重[4]，并测定各级豆占总样品的比率以及各级豆重正常豆占总样品的比率。测定地点：云南省德宏热带农业科学研究所咖啡研究中心质量检测实验室。

图1部分品种截干复壮后生长情况

Fig 1 Some of the 9 Catimors Growth Situation after Rejuvenation

**1.5内含物测定**

全水洗加工获咖啡商品豆，委托农业部农产品质量监督检验测试中心（昆明）检测咖啡商品豆的蛋白质、粗脂肪、粗纤维、水浸出物、总黄酮、咖啡因、总糖。测定地点：昆明。

蛋白质按GB 5009.5-2010检测；粗脂肪按GB/T 5009.6-2003检测；粗纤维按GB/T 5009.10-2003检测；水浸出物按GB/T 8305-2013检测；咖啡因按GB/T 19182-2003检测；总糖按GB/T 5009.7-2008检测。

**1.6杯品质量测定**

对9个品种使用全水洗初加工方式纸杯杯测样品，委托北京君捷西中贸易有限公司进行杯品质量评估。杯测采用 SCAA（美国精品咖啡学会，Specialty Coffee Association ofAmerica）方法及流程。评测项目：干香/湿香、酸度、风味、纯度、回甘度、平衡度、整体评价、一致性、甜度、洁净度。评分标准：满分为100分，前7项各项满分10分，后3项指标各项按常规 10 分记。品尝流程：烘焙度采取焦糖化指数 58/63 烘焙；10 克咖啡粉，中等粒度研磨；180 毫升93.33℃左右热水直接冲泡；浸泡4min后破渣；8～10 min间开始进行品尝。杯测环境相关：烘焙机： PROASTER 1.5KG；电子称： BONAVITA（ 3000G，称量精度 0.1G）；磨豆机： Mahlkonig EK43；杯测碗： 200ML 杯测专用；杯测勺：不锈钢杯测专用勺；热水壶： BONAVITA 温控水壶；水：符合杯测标准的水（ 125～175PPM）；浓度检测仪： VST 浓度检测仪；焦糖化检测仪： RoAmi；杯测人数：10人；测定地点：北京。

**2 结果与分析**

**2.1商品豆物理特性评价**

测定9个品种鲜干比（鲜果与带壳干豆比，图2），鲜干比最大为49号5.91，最小为35号4.66。鲜干比越小，说明同样重量的鲜果，能够获得较多的带壳干豆，在鲜果产量相差不大的情况下，干豆产量越高。鲜干比5.5以下有4个品种，从小到大依次为35号、46号、37号和42号，鲜干比分别为4.66、5.24、5.27、5.41。出米率是另外一个与产出相关的指标，出米率越高，同样干豆产量下所获得的商品豆越多。测定9个品种出米率（图3），50号和37号较好，分别为96%和95%；最少为35号和36号，均为76%。

千粒重体现咖啡商品豆的大小与饱满度，测定商品豆千粒重（图4），46号最高，200g，9个品种商品豆千粒重从大到小依次为46号（200g）＞37号（192.6g）＞43号（191g）＞42g（190g）＞50号（174.7g）＞48号（168.6g）＞35号（164.6g）＞49号（160g）＞36号（155.1g）；36号商品豆千粒重最低，为155.1g。按照千粒重大小，将9个品种分3组，1组为千粒重190g以上，该组有4个品种，分别为37号，43号，42号，46号；2组为千粒重160g～190g区间，该组有4个品种，分别为35号，48号， 49号，50号；3组为千粒重160g以下，该组有1个品种，为36号。

咖啡商品豆在焙炒之前，需要过筛，目的是为了焙炒时商品豆大小均一，提高焙炒豆品质，因为商品豆大小不均匀时，同一温度下焙炒，粒径小的豆粒先熟，粒径大的豆粒后熟，烘焙豆成熟度不一致，影响最终杯测分数。使用17号筛分级，测定9个品种≥17#商品豆总重（图5），最高为48号，179.6g，9个品种≥17#商品豆总重从大到小依次为48号（179.6g）＞46号（178g）＞42号（177g）＞37号（173.77g）＞43号（172g）＞50号（170.33g）＞35号（148.76g）＞36号（136.9g）＞49号（131g）。按照≥17#商品豆总重大小，将9个品种分为2组，1组≥170g，该组有6个品种，分别为48号，46号，42号，37号，43号，50号，该组商品豆豆粒均一性较好；2组＜170g，该组有3个品种，分别为35号，36号，49号，该组商品豆豆粒均一性较差。

测定9个品种≥17#正常豆总重（图6），最高为48号，164.6g，按照从大到小顺序排列依次为：48号（164.6g）＞37号（158g）＞46号（156g）＞43号（155.75g）＞50号（155.46g）＞42号（153g）＞35号（134g）＞35号（130.41g）＞49号（118g）。对比千粒重分组和≥17#商品豆总重分组，35号、36号、49号的千粒重、≥17#商品豆总重和≥17#正常豆总重均偏低。

表2 17号筛分级后≥17#豆比率

Table 2 Weight Ratio of Green Bean above Sieve No.17

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 样品名称 | 35号 | 36号 | 37号 | 42号 | 43号 | 46号 | 48号 | 49号 | 50号 |
| ≥17#豆比率（%） | 74.4 | 68.5 | 86.9 | 88.5 | 86 | 89 | 89.8 | 65.5 | 85.2 |
| ≥17#正常豆比率（%） | 67 | 65.2 | 79 | 76.5 | 77.9 | 78 | 82.3 | 59 | 77.7 |

从≥17#商品豆总重及正常豆重占总样品的比率测定结果来看（表2），这9个品种≥17#的商品豆占样品总重的比率均在65%以上，最高近90%，由此来看，这9个品种豆粒较大。且≥17#正常豆占总样品比率除了49号偏低（59%）外，其余也在65%以上，因此可以推测这9个品种如果推广应用，生产上可以产出较多的一级豆（一级豆的物理特性要求为粒度大于0.65cm，17号筛孔径为0.67cm）[5]。

畸形豆，由多胚发育成，通常人工粉检出象形豆耳形和贝壳形的内外不分。碎豆通常在去除咖啡种皮和/或果壳时形成，部分畸形豆在去除种皮时碎裂机损也能形成碎豆，故将畸形豆与碎豆一起测定。畸形豆关系到正常豆的不均匀焙炒，在焙炒时会分裂和烧焦，进而影响杯测最终分数。斑点豆，豆粒上有黑色或褐色斑点，可能由干燥种皮不当形成[4]。测定9个品种≥17#畸形豆、碎豆以及斑点豆重（图7），从结果来看，≥17#畸形豆及碎豆重，37号最高，14.21g；43号最低，7.65g；9个品种从大到小依次为37号（14.21g）＞35号（11.4g）＞46号（11g）＞48号（10.2g）＞49号（10g）＞50号（8.7g）＞36号（8.48g）＞42号（8g）＞43号（7.65g）。≥17#斑点豆重，42号最高，16g，9个品种从大到小依次为42号（16g）＞46号（11g）＞43号（8.6g）＞37号（6.44g）＞48号（6.4g）＞50号（6.17g）＞35号（3.6g）＞36号（3.01g）＞49号（3g）。千粒重、≥17#商品豆总重和≥17#正常豆总重均偏低的35号、36号、49号，在这一组中表现较好，斑点豆较少。测定9个品种＜17#大象豆、碎豆以及斑点豆重（图8），从结果来看，＜17#畸形豆及碎豆重，35号最高10.73g，其次为36号7.02g；9个品种从大到小依次为35号（10.73g）＞36号（7.02g）＞37号（3.53g）＞48号（2.6g）＞46号、49号、50号（均为2g）＞43号（1.81g）＞42号（1g）。35、36号＜17#畸形豆及碎豆较多。＜17#斑点豆重，42号最高12g，9个品种从大到小依次为42号（12g）＞43号（11.69g）＞46号、49号（10g）＞50号（7.67g）＞35号（6.61g）＞36号（6.23g）＞37号（5.67g）＞48号（2.8g）。48号表现最好，斑点豆最少。

**2.2 内含物测定结果**

生咖啡豆（咖啡商品豆）中风味前提物质在烘焙条件下发生美拉德反应和焦糖化反应进而形成咖啡烘焙后的香气[6]。9个品种咖啡商品豆蛋白质含量（图9）范围在，12.5%～14.3%，35号最高14.3%，9个品种从大到小依次为35号（14.3%）＞49号（13.6%）＞43号（13.5%）＞36号（13.4%）＞48号（13.4%）＞50号（13.4%）＞37号（13.2）＞ 42号（12.8%）＞46号（12.5）。9个品种粗脂肪含量（图9）范围在7.63%～11.01%，50号最高11.01%，从大到小依次为50号（11.01%）＞36号（9.49）＞42号（9.4%）＞37号（9.19）＞43号（8.99%）＞49号（8.95）＞35号（8.79%）＞46号（8.08%）＞48号（7.63%）。

纤维素、半纤维素、多糖、阿拉伯半乳聚糖、果胶等，这类化合物烘焙后，在咖啡冲泡时会挥发性风味物质保留房门有重要作用，还影响冲煮咖啡的粘度[7]。在咖啡烘焙过程中，当豆表面温度升高到170℃左右，多糖受热分解形成有机酸进而使咖啡产生酸味。低聚糖受热分解先形成为葡萄让和果糖等的还原糖，随后与游离氨基酸发生美拉德反应生产吡嗪类、呋喃类、醛类和酮类化合物等风味物质[8，9]。测定9个品种组纤维含量（图10），含量范围在23.28%～28.7%之间，最高为46号28.7%；其次为36号、48号、35号，分别为27.38%、27.17%、27.13，42号和50号含量较少，分别为23.83%和23.28%。9个品种总糖含量（图11）范围为8.08%～10.12%，36号含量最高为10.12%，42号和35号含量较少，分别为8.63%和8.08%。

水浸出物跟最终冲泡咖啡溶于水的物质有关，溶于水的物质越多，最终冲泡出来的咖啡口感越丰富，但部分水浸出物也会给咖啡带来苦涩等不愉快的味道。测定9个品种水浸出物（图10），含量范围在33.48%～37.15%，最高为43号37.15%，最低为35号33.48%。

咖啡因，黄嘌呤生物碱化合物，具有很强的中枢兴奋作用，摄入卡咖啡因可以减轻疲劳、思维敏捷。咖啡因呈典型的苦味，且咖啡因在整个烘焙过程在含量几乎不发生变化，是咖啡中较为重要的风味物质，影响咖啡的苦涩味，消费者对于咖啡因的喜爱程度也不相同[10，11]。测定9给品种的咖啡因，其含量范围在1.048%～1.278%之间，最高为35号1.278%，37号最低1.048%。

**2.3杯品质量测定**

采用 SCAA方法及流程对9个品种进行杯测，总分如图13所示。从结果看，9个品种均为达到80分（精品咖啡分值），评分从大到小依次为35号、49号、50号（78.5分）＞37号、46号（78分）＞48号（77分）＞43号（76.5分）＞42号（76分）＞36号（74.5分）。从杯测各项评分结果来看（表3），大多数品种杯测各项评分在均在6～7之间，35号的酸度和37号的酸度最为突出，为7.5分。对比内含物测定结果，35号蛋白质含量和咖啡因含量最高，37号咖啡因含量最低，或许35号、37号杯测总分及酸度评分突出与这有关。

表3 杯测各项评分结果

Table3 Results of Cupping

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 品种编号 | 香气 | 风味 | 回甘 | 酸度 | 醇厚度 | 平衡 | 总体感觉 | 总分 |
| 35号 | 7 | 6.5 | 6.5 | 7.5 | 7 | 7 | 7 | 78.5 |
| 36号 | 6 | 6.5 | 6.5 | 6 | 6.5 | 6.5 | 6.5 | 74.5 |
| 37号 | 6 | 7 | 6.5 | 7.5 | 7 | 7 | 7 | 78 |
| 42号 | 7 | 6.5 | 6.5 | 6.5 | 6.5 | 6.5 | 6.5 | 76 |
| 43号 | 7 | 7 | 7 | 6.5 | 6 | 6.5 | 6.5 | 76.5 |
| 46号 | 7 | 6.5 | 6.5 | 7 | 7 | 7 | 7 | 78 |
| 48号 | 7 | 6.5 | 7 | 6.5 | 6.5 | 6.5 | 7 | 77 |
| 49号 | 6.5 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 78.5 |
| 50号 | 7 | 7 | 6.5 | 7 | 7 | 7 | 7 | 78.5 |

**3 结果显示与分析**

我国主要栽培的小粒种咖啡品种，大多数都是卡蒂姆类咖啡，由于咖啡叶锈病新生理小种的出现，卡蒂姆类咖啡品种的抗锈性正在逐渐的丧失，不断变异的锈菌生理小种对咖啡种植业也造成了潜在的威胁［2,12,13］。本研究的9个卡蒂姆类品种，是从肯尼亚引入，曾连续5年对其植物学特征、农艺性状、大田抗锈病性等进行了观测，截杆复壮后，大田观测植株感染锈病情况，未发现明显锈菌病斑。在卡蒂姆类咖啡抗锈病性逐渐丧失时，这9个卡蒂姆品种在一定程度上仍然保持对咖啡叶锈病的抗性，在抗锈病优良栽培咖啡品种亟待推广种植的当下，其存在潜在的推广利用价值，因此有必要对其继续进行鉴定评价。因此，我所继续对其进行品质鉴定评价，测定了商品豆物理特性、内含物含量以及杯品质量。从结果来看， 9个品种中有4个的鲜干比低于5.5，其中35号小于5；出米率均在75%以上，其中50号和37号较高；9个品种商品豆均能达到一级豆的物理特性要求，且17号筛以上的正常豆比率较高；测定商品豆内含物，蛋白质含量35号最高，粗脂肪含量50号最高，组纤维含量46号，总糖含量36号最高，水浸出物含量43号最高，咖啡因含量35号最高；杯品质量测定35号、49号、50号分值较高。综合来看，9个品种在瑞丽物理特性表现出色，品质表现中等，生产上可以考虑推广应用。

**参考文献**

[1]白学慧,吴贵宏,邵维治等.云南咖啡害虫双条拂粉蚧发生初报[J].热带农业科学, 2017, 37 (06): 35-37+48.

[2]张洪波,李锦红,白学慧等.云南小粒咖啡出现早衰的原因及防控对策[J].热带农业科技, 2015, 38 (03): 42-46.

[3]周华,邢正秀,钏相仙等.外引小粒种咖啡Catimor(F\_3、F\_4)系列品种试种研究初报[J].云南热作科技,1998(04):34-40.

[4] NY/T 1519-2007,生咖啡 缺陷参考图[S].

[5] NY/T 604-2006， 生咖啡[S]

[6]Petisca C, Pérez-Palacios T, Farah A, et al. Furans and other volatile compounds inground roasted and espresso coffee using headspace solid-phase microextraction:effect ofroasting speed[J]. Food and Bioproducts Processing, 2013, 91(3): 233-241.

[7] 于淼. 云南德宏地区咖啡豆的风味品质特性研究[D]. 黑龙江八一农垦大学, 2017.

[8] Yeretzian C，Jordan A，Badoud R，et al. From the green bean to the cup of coffee: investigating coffee roasting by on – line monitoring of volatiles[J]. European Food Research and  
Technology，2002，214( 2) : 92-104.

[9]吕文佳，刘云，杨剀舟等. 咖啡主要烘焙风味物质的形成及变化规律[J]. 食品工业科技，2015:36（3）：394-400.

[10] 张梦娇. 咖啡中的特征风味组分研究进展[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(16): 213-219.

[11] 邱明华,张枝润,李忠荣等.咖啡化学成分与健康[J].植物科学学报,2014,32(05):540-550.

[12] VÁRZEA, V M P，MARQUES, V D，PEREIRA, A P，et al．2005.The Use of Sarchimor Derivatives in Coffee Breeding Resistanceto Leaf Rust 22nd Colloquium［Ｃ］//International Conference on Coffee Science（Campinas, 2008）Vitor Manuel Pinto Varzea & Marques D V．Population Variability of Hemileia vastatix VS.Coffee Durable ResistanceDurable Resistance to Coffee Leaf Rust Livraria Universo Agricola，2005：53．

[13]张洪波,郭铁英,匡钰,李锦红,白学慧,肖兵,夏红云,周华,林兴文,萧自位.影响云南卡蒂姆咖啡杯品质量的因素及对策[J].热带农业科技,2018,41(01):36-42.

**Study on Quality of 9 Different *Coffea arabica* L. cv. Catimor**

Guo Tieying, Bai Xuehui, Zhao Mingzhu, Ma Guanrun, Xiao Ziwei, Zhang Hongbo, Zhou Hua, Li Jinhong, Su Linlin, Kuang Yu

Yunnan Dehong Institute of Tropical Agricultural Sciences, Ruili, Yunnan 678600

**Abstract:**  Physical characteristics,  Inclusions and tasting quality about 9 different *Coffea arabica* L. cv. Catimor were measured and evaluated. Fresh/ Fry Ratio of No.35, No. 37, No. 42, No. 46 were less than 5.5. The green bean ratio of No. 37 and No. 50 were higher while the 1000 green beans’ weight of No. 46 was maximum. No.17 sieve were used for classification. The green beans of No. 48 were the heaviest when weighting the green bean remaining on the No.17 sieve. Not only the 1000 green beans’ weight of No.35, No. 36 and No.49, but also the total green beans’ weight and the normal green beans’weight remaining on the No. 17 sieve were minor. The irregularly fromed beans ’ weight of No.37 remaining on No. 17 sieve were the heaviest, while the No. 37’s were the lightest. The irregular visual appearance beans’ weight of No. 42 remaining on No.17 sieve were the heaviest, whlie the No. 49’s were the lighest. The irregularly fromed beans ’ weight of No.35 getting through No. 17 sieve were the heaviest, while the No. 42’s were the lighest. The irregular visual appearance beans’ weight of No. 42 were the heaviest, while the No. 48’s were the lightest. No. 35, No. 50, No. 46, No. 36, No. 43 and No. 35 especially has the highest content of protein, crude fat, crude fiber, total Carbohydrate, water extract and caffeine. After tasting, No. 35, No. 49 and No.50 has more higher cupping scores. Overall, all the 9 Catimors form Ruili showed excellent physicial characteristics, fair average tasting scores, and could be worth using in production.

**Key words:** Carimor; quality; coffee

# 不同甘蔗品种在不同养分条件下的生长表现

冯学娟、张曼其、吴刃、梁明、廖积贤、陈东俊、赵丽宏

[[8]](#footnote-8)(湛江农垦科学研究所，广东湛江 524086 )

**摘 要** 为了更好地优化甘蔗施肥指标，开展了不同甘蔗品种氮磷钾配比设计试验，结果表明：桂柳05/136分别在N水平351.9kg/hm2、P2O5水平384 kg/hm2和K2O水平432 kg/hm2表现为较高的产量,平均产量为105945 kg/hm2；新台糖25号N水平234.6 kg/hm2、P2O5水平192 kg/hm2和K2O水平219kg/hm2表现为较高的产量,平均产量为93465 kg/hm2；粤糖00236 N水平234.6 kg/hm2、P2O5水平81 kg/hm2和K2O水平216 kg/hm2表现为较高的产量,平均产量为81375 kg/hm2。

**关键词** 甘蔗；品种；氮、磷、钾；肥料

目前适于应用的配方施肥方法主要有地力分级(区)法、目标产量法(养分平衡法、地力差减法)、肥料效应函数法、养分丰缺指标法等。其中，养分平衡法是国内外配方施肥中最基本和最重要的方法[1-4]。最佳施肥量的确定多是通过土壤基础养分的测定和肥料一作物效应函数的研究，取得各种基本参数，用以指导农业生产。它基本都是在某一特定气候条件下，对于某一肥力土壤、某种作物种类、品种的研究，是一个静态的实时监测模式，但在实际生产中，由于气候、作物轮作方式、土壤基础肥力等自然一生物条件的差异，势必造成肥料利用率、作物产量的不同，土壤养分的变化，由当前肥料效应方程获得的经济施肥量已不能适应以后的作物生产对肥料的需求，极可能造成肥料施用的不足或浪费。目前甘蔗配方肥的研制方法也是常采用3414，受限于某一地力、某品种等试验条件的影响。所以基于存在的问题，我们针对不同品种甘蔗对氮磷钾养分吸收差异性的研究，指在为垦区甘蔗合理施肥和配方肥的研制提供依据。

**1 材料与方法**

试验于2016.2～2016.12在广东省湛江农垦科研所试验地进行。土壤养分状况为中下等，其中有机质20.23g/kg,碱解氮78.43mg/kg，有效磷13.41 mg/kg，有效钾84.32 mg/kg，pH4.76。试验设不同甘蔗品种3个，分别是粤糖00236、新台糖25号和桂柳05/136，氮、磷、钾3个因素，每个因素5个水平，每个甘蔗品种13个处理，本试验共计39个处理。试验处理肥料用量见表1。每个处理26m2，长26m、宽1m。行距1m，每小区种植1行。采用甘蔗健康种苗种植，按每亩植1700株，每小区种植数量为66株，每株间距为39.3cm左右。施肥方法。氮肥：基肥、追肥各1次，基肥30%，拔节大培土期70%；磷肥：基肥100%；钾肥：基肥40%；追肥（拔节大培土）60%。施基肥时,蔗种不能与肥料直接接触,以免烧芽。分别在分蘖期、生长期和成熟期调查甘蔗的分蘖率、茎径、株高、有效茎、产量和田间锤度。

表1 不同甘蔗品种氮磷钾施肥比例各处理肥料施用量

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 编号 | 处理 | 纯养分总量kg/hm2 | | |
| N | P2O5 | K2O |
| 1 | N0P3K3 | 0 | 288 | 324 |
| 2 | N1P3K3 | 117.3 | 288 | 324 |
| 3 | N2P3K3 | 234.6 | 288 | 324 |
| 4 | N3P3K3 | 351.9 | 288 | 324 |
| 5 | N4P3K3 | 469.2 | 288 | 324 |
| 6 | N3P0K3 | 351.9 | 0 | 324 |
| 7 | N3P1K3 | 351.9 | 96 | 324 |
| 8 | N3P2K3 | 351.9 | 192 | 324 |
| 9 | N3P4K3 | 351.9 | 384 | 324 |
| 10 | N3P3K0 | 351.9 | 288 | 0 |
| 11 | N3P3K1 | 351.9 | 288 | 108 |
| 12 | N3P3K2 | 351.9 | 288 | 216 |
| 13 | N3P3K4 | 351.9 | 288 | 432 |

**2 试验结果分析**

**2.1不同甘蔗品种肥料配方比例对甘蔗分蘖率和株高的影响**

6月份调查分蘖率（见表2）的结果表明：不同品种在不同氮磷钾水平处理的条件下分蘖率的表现不一致。桂柳05/136在N3、P3和K4水平表现为高分蘖率；新台糖25号在N1、P3和K3水平表现为高分蘖率；粤糖00236在N3、P0和K3水平下表现为高分蘖率。这也初步说明不同品种的分蘖率对氮磷钾的反应不一致。

7月份调查株高（见表2）的结果表明：不同品种在不同氮磷钾水平处理条件下株高的表现一致。桂柳05/136在N3 、P4和K3水平下植株最高；新台糖25号在N3、P4和K3水平植株最高；粤糖00236在N3、P4和K3水平植株最高。

8月份进行株高调查（见表2）结果显示：柳城05136在N3 、P4和K3水平下株高最高；新台糖25号在N3、P4和K3水平株高最高；粤糖00236在N3、P4和K3水平株高最高。对比七、八月份的株高变化趋势较为一致。但和分蘖率之间的变化趋势不完全一致。

表2 不同甘蔗品种肥料配方比例设计试验分蘖率和株高结果 单位：%、cm

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 编号 | 处理 | 桂柳05/136 | | | 新台糖25号 | | | 粤糖00236 | | |
| 分蘖率（6月） | 株高 （7月） | 株高 （8月） | 分蘖率（6月） | 株高 （7月） | 株高 （8月） | 分蘖率（6月） | 株高 （7月） | 株高 （8月） |
| 1 | N0P3K3 | 58 | 48.0 | 100.9 | 62 | 63.8 | 135.2 | 64.5 | 53.1 | 126.0 |
| 2 | N1P3K3 | 73 | 54.7 | 123.9 | **81** | 62.9 | 148.8 | 61 | 53.8 | 133.4 |
| 3 | N2P3K3 | 75 | 57.2 | 129.9 | 60 | 69.0 | 151.5 | 50 | 53.6 | 124.7 |
| 4 | N3P3K3 | 70 | 60.9 | 135.5 | 48 | 78.7 | 164.3 | 58 | 56.2 | 132.8 |
| 5 | N4P3K3 | 58 | 53.7 | 127.2 | 64 | 68.1 | 150.8 | 53 | 67.6 | 137.1 |
| 6 | N3P0K3 | 77 | 56.5 | 134.5 | 70 | 69.3 | 157.6 | **77** | 67.2 | 146.9 |
| 7 | N3P1K3 | 65 | 59.0 | 138.8 | 77 | 81.5 | 154.0 | 60 | 73.6 | 152.0 |
| 8 | N3P2K3 | 65.5 | 62.9 | 127.6 | 77 | 84.0 | 164.2 | 61 | 86.7 | 154.9 |
| 9 | N3P4K3 | 74 | **69.3** | 148.7 | 73 | **88.1** | 162.5 | 54 | **89.1** | **161.4** |
| 10 | N3P3K0 | 73 | 55.5 | 128.8 | 58 | 66.0 | 151.9 | 68 | 61.5 | 135.2 |
| 11 | N3P3K1 | 69 | 59.2 | 135.4 | 63 | 68.5 | 157.4 | 66 | 71.3 | 149.0 |
| 12 | N3P3K2 | 67 | 61.3 | **140.8** | 69 | 79.9 | 160.6 | 71 | 68.3 | 143.7 |
| 13 | N3P3K4 | **82** | 62.5 | 121.5 | 62 | 73.7 | 145.3 | 59 | 69.9 | 140.3 |

**2.2不同甘蔗品种肥料配方比例对甘蔗茎径和有效茎的影响**

8月份调查茎径（见表3）的结果表明： 桂柳05/136在N3、P4和K3水平表现为高茎径；新台糖25号在N0、P3和K4水平表现为高茎径；粤糖00236在N3、P4和K3水平下表现为高茎径。初步说明桂柳05/136与粤糖00236的茎径对氮磷钾的反应一致；新台糖25号其茎径对氮磷钾的反应不一致

8月份有效茎调查（见表3）的结果表明：桂柳05/136在N1 、P3和K3水平下有效茎数最多；新台糖25号在N0、P3和K3水平有效茎数最多；粤糖00236在N3、P0和K3水平有效茎数最多。初步说明不同品种，其有效茎对氮的反应不一致; 有效茎对磷的反应基本一致;有效茎对钾的反应较一致。

表3 不同甘蔗品种肥料配方比例设计试验茎径、有效茎结果

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 编号 | 处理 | 桂柳05/136 | | 新台糖25号 | | 粤糖00236 | |
| 茎径  cm | 有效茎kg/hm2 | 茎径cm | 有效茎kg/hm2 | 茎径  cm | 有效茎kg/hm2 |
| 1 | N0P3K3 | 2.43 | 129461.54 | 2.68 | **132000.00** | 2.64 | 134538.46 |
| 2 | N1P3K3 | 2.41 | **177692.31** | 2.51 | 129461.54 | 2.66 | 137076.92 |
| 3 | N2P3K3 | 2.53 | 149769.23 | 2.61 | 129461.54 | 2.62 | 114230.77 |
| 4 | N3P3K3 | 2.51 | 147230.77 | 2.12 | 129461.54 | 2.57 | 111692.31 |
| 5 | N4P3K3 | 2.56 | 144692.31 | 2.57 | 129461.54 | 2.66 | 111692.31 |
| 6 | N3P0K3 | 2.48 | 172615.38 | 2.52 | 129461.54 | 2.61 | **154846.15** |
| 7 | N3P1K3 | 2.62 | 159923.08 | 2.63 | 129461.54 | 2.75 | 129461.54 |
| 8 | N3P2K3 | 2.43 | 175153.85 | 2.78 | 129461.54 | 2.64 | 139615.38 |
| 9 | N3P4K3 | **2.66** | 139615.38 | 2.53 | 129461.54 | **2.88** | 119307.69 |
| 10 | N3P3K0 | 2.47 | 142153.85 | 2.37 | 129461.54 | 2.49 | 121846.15 |
| 11 | N3P3K1 | 2.39 | 139615.38 | **2.8** | 129461.54 | 2.68 | 129461.54 |
| 12 | N3P3K2 | 2.36 | 129461.54 | 2.59 | 129461.54 | 2.57 | 121846.15 |
| 13 | N3P3K4 | 2.43 | 147230.77 | 2.76 | 129461.54 | 2.60 | 132000.00 |

**2.3不同甘蔗品种肥料配方比例设计对甘蔗田间锤度的影响**

从表4调查的田间锤度数据表明， 桂柳05/136在N3、P3和K0水平表现为高的糖锤度；新台糖25号在N3、P1和K3水平表现为高的糖锤度；粤糖00236在N3、P3和K4水平下表现为高糖锤度。这也初步说明不同品种在不同氮磷钾养分配比下，田间锤度的反应不一致。不同的氮磷钾水平对甘蔗田间锤度影响有很大差别，如何制定不同的氮磷钾施用水平，需结合最终产量的确定。从试验的结果可以初步推算，不同品种想获得高产、高糖需要配比不同的氮磷钾施用水平。

表4 不同甘蔗品种肥料配方比例甘蔗田间锤度结果

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 编号 | 处理 | 桂柳05/136 | | | | 新台糖25号 | | | | 粤糖00236 | | | |
| 平均值% | 上% | 中% | 下% | 平均值% | 上% | 中% | 下% | 平均值% | 上% | 中% | 下% |
| 1 | N0P3K3 | 15.5 | 13.5 | 15.6 | 17.3 | 16.7 | 15.6 | 16.8 | 17.7 | 13.9 | 9.9 | 14.2 | 17.4 |
| 2 | N1P3K3 | 17.8 | 16.9 | 18.0 | 18.6 | 17.8 | 17.2 | 17.6 | 18.7 | 14.3 | 11.1 | 14.4 | 17.5 |
| 3 | N2P3K3 | 17.6 | 16.0 | 18.1 | 18.9 | 17.1 | 15.9 | 17.3 | 18.0 | 14.3 | 10.6 | 14.9 | 17.4 |
| 4 | N3P3K3 | 17.4 | 16.5 | 17.6 | 18.2 | 17.1 | 16.7 | 17.1 | 17.5 | 15.4 | 11.8 | 16.3 | 18.1 |
| 5 | N4P3K3 | 17.6 | 17.2 | 17.7 | 17.9 | 17.2 | 15.6 | 17.2 | 18.8 | 17.3 | 15.0 | 18.4 | 18.7 |
| 6 | N3P0K3 | 17.0 | 16.0 | 17.2 | 17.9 | 16.4 | 14.8 | 16.4 | 17.9 | 16.5 | 12.6 | 17.4 | 19.4 |
| 7 | N3P1K3 | 16.7 | 16.5 | 16.8 | 16.9 | **19.8** | 18.9 | 19.8 | 20.7 | 14.0 | 11.8 | 13.7 | 16.5 |
| 8 | N3P2K3 | 18.0 | 16.9 | 18.5 | 18.5 | 18.1 | 16.6 | 18.2 | 19.6 | 15.5 | 14.0 | 15.3 | 17.1 |
| 9 | N3P4K3 | 17.4 | 16.5 | 17.6 | 18.2 | 17.1 | 16.7 | 17.1 | 17.5 | 15.4 | 11.8 | 16.3 | 18.1 |
| 10 | N3P3K0 | **18.3** | 17.5 | 18.4 | 19.0 | 19.1 | 18.3 | 18.7 | 20.4 | 14.2 | 12.2 | 14.5 | 16.0 |
| 11 | N3P3K1 | 17.3 | 16.7 | 17.8 | 17.6 | 18.4 | 17.1 | 18.5 | 19.6 | 14.7 | 12.1 | 14.9 | 17.0 |
| 12 | N3P3K2 | 18.1 | 16.6 | 18.5 | 19.1 | 16.7 | 15.1 | 16.8 | 18.4 | 17.0 | 15.2 | 17.3 | 18.6 |
| 13 | N3P3K4 | 15.7 | 14.3 | 15.8 | 17.1 | 19.4 | 18.6 | 19.4 | 20.3 | **17.6** | 13.9 | 18.9 | 19.9 |

**2.4不同甘蔗品种肥料配方比例对甘蔗产量和糖锤度的影响**

表5调查的产量数据表明， 桂柳05/136在N3、P3和K4水平表现为较高的产量；新台糖25号在N3、P2和K3水平表现为较高的产量；粤糖00236在N3、P1和K3水平下表现为较高的产量。磷钾对不同甘蔗品种的增产潜力不一，其中桂柳05/136在高氮高磷高钾的条件下维持一个相对较高的产量水平，平均产量可达到105975kg/hm2；而新台糖25和粤糖00236的产量分别在93465kg/hm2和81375kg/hm2左右。所以，不同甘蔗品种对养分吸收存在差异性，这就需要根据不同品种甘蔗的养分吸收特性，制定不同的施肥比例。

从甘蔗田间锤度的数据来看，氮磷养分不同，不同甘蔗品种的田间锤度反应不一，但由于受本年台风的影响，甘蔗倒伏率较多，所以总体田间锤度不高。桂柳05/136在N3、P2和K3水平表现为较高的田间锤度；新台糖25号在N1、P3和K3水平下表现为较高的田间锤度；粤糖00236在N3、P0和 k3水平下表现为较高的田间锤度。

表5 不同甘蔗品种肥料配方比例设计甘蔗产量和最终糖锤度结果

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 编号 | 处理 | 桂柳05/136 | | 新台糖25号 | | 粤糖00236 | |
| 产量  kg/hm2 | 田间锤度% | 产量  kg/hm2 | 田间锤度% | 产量  kg/hm2 | 田间锤度% |
| 1 | N0P3K3 | 69615 | 18.83 | 73365 | 19.90 | 63075 | 19.23 |
| 2 | N1P3K3 | 81540 | 17.33 | 76080 | **21.03** | 72885 | 18.63 |
| 3 | N2P3K3 | 86460 | 19.40 | 87315 | 20.77 | 80265 | 19.20 |
| 4 | N3P3K3 | 96345 | 19.30 | 84195 | 19.90 | 79455 | 17.93 |
| 5 | N4P3K3 | 104805 | 19.67 | 80955 | 19.27 | 77685 | 18.90 |
| 6 | N3P0K3 | 74235 | 18.70 | 76920 | 18.07 | 60960 | **21.13** |
| 7 | N3P1K3 | 82305 | 17.63 | 82500 | 20.60 | **82425** | 19.93 |
| 8 | N3P2K3 | 83850 | **20.27** | **98265** | 19.97 | 79035 | 19.43 |
| 9 | N3P4K3 | 102690 | 20.13 | 95955 | 17.97 | 78570 | 17.97 |
| 10 | N3P3K0 | 68310 | 18.17 | 86340 | 20.80 | 65190 | 17.97 |
| 11 | N3P3K1 | 84345 | 19.43 | 82305 | 18.70 | 75885 | 18.63 |
| 12 | N3P3K2 | 92235 | 20.03 | 94815 | 17.60 | 81420 | 17.73 |
| 13 | N3P3K4 | **110310** | 19.47 | 81540 | 20.67 | 79095 | 19.80 |

**3 结论与讨论**

3.1 试验结果表明不同甘蔗品种对氮磷钾三要素肥料及其施肥比例的效果显然不同，而在三个品种中，同一品种施用同一肥料配方上，从甘蔗萌芽、分蘖、生长到产量和田间锤度的效果也不相同。

3.2 经试验结果分析，我们在作物施肥及筛选施肥配方上，不仅是为了促进甘蔗生长，更是为了提升产量和品质。甘蔗通过科学施肥后，最终获得单位面积最大的蔗径产量和含糖量，才能获得最好的经济效益，因而选择合理的施肥配方尤为重要。

3.3 为了提升施肥效果，制定甘蔗肥料配方还需要做到因品种施肥。以上的试验也初步验证了，要使甘蔗专用配方肥的氮磷钾配方比例更适宜甘蔗的生产，需进一步明确不同甘蔗品种的养分需求量，从而在氮磷钾比例一致的基础上，调整甘蔗配方肥施用量是我们下一步需要进行的工作。

**参考文献**

[1]金耀青，张中原.配方施肥方法及其应用〔M].沈阳:辽宁科学技术出版社，1993,6

[2]刘成祥，周鸣铮.对Truog-Ramamoorthy测土施肥方法的研究与讨论[J].土壤学报，1986, 23(3):285-289

[3]部彦忠，谢红.配方施肥[J].河北农业科技,1994,(11):23-25

[4]张振栓，贾文竹.配方施肥技术规程（一）[J].河北农业,1995,(1):18-19

# 关于推进省级农科院国际合作工作的思考--以广东农科院为例

马静，聂新志，陈琴苓

广东省农业科学院，广东 广州 510640

**摘 要** 文章分析了省级农科院开展国际合作工作的现状、主要特点及存在问题，结合广东农科院历年开展国际合作工作取得的经验，根据国家“一带一路”战略需求，提出推动省级农科院国际合作工作的建议，以期为各省农科院深入开展国际合作工作提供借鉴与参考。

**关键词** 省级农科院，国际合作，农业科技，广东

随着国家“一带一路”战略的提出和“一带一路”国际合作高峰论坛等一系列行动的发起，全球经济大融合、世界共同大发展的需求越来越强烈。农业作为国民经济的基础产业，在推动经济发展和社会进步过程中具有重要作用。积极参与农业科技国际合作，及时跟进和了解世界先进科技的发展趋势，对提升农业科技自主创新能力、增强农业科技国际竞争力具有重要推动作用。

省级农科院是各省农业科技发展的排头兵，在国家整个农业科研体系中起着承上启下的作用，具有不同于国家级农业科研机构和地市级、县级农科所的鲜明特征［1］。结合当前“一带一路”建设战略契机，认真总结国际合作工作经验、查找存在问题，是推动农业科技国际合作工作紧跟时代步伐，提升各省农科院科技进步、缩小与国际先进水平差距和提升国际影响力的重要抓手。

**一、省级农科院开展国际合作工作的优势和特点**

**首先，省级农科院开展国际合作具有明显的地域性**［2］**。**省农科院根据所处地理位置的不同，多会优先选择与自身地缘相近的国外机构开展合作。例如，广东农科院与东盟国家合作，建设“中国-东盟农业科技协作网”，搭建“中国-东盟重大农业外来入侵生物预警与防控平台”；云南农科院与东南亚、南亚国家合作，共建“南亚东南亚农业科技创新联盟”和“大湄公河次区域农业科技交流合作组”；东北地区黑龙江农科院成立了黑龙江对俄农业科技合作中心，形成了集决策、咨询、资金及信息于一体的对俄科技支撑体系；新疆畜牧科学院在牧草资源、牛胚胎移植技术和动物重大疫病等方面与相邻的中亚和独联体国家建立了稳定的合作关系。**其次，省级农科院掌握丰富的地方特色农业种质资源。**省级农业科学院具有明显的农业生物资源优势，掌握着地方特色农业种质资源以及先进的、具有明显区域实用性的农业新品种和新技术。依据丰富的地方资源，省级农科院建有具备明显地区特色的资源圃。如广东农科院果树所建有“国家果树种质--广州香蕉荔枝资源圃”、“农业部广州香蕉种质资源圃”、“农业部广州荔枝种质资源圃”、“农业部广州黄皮种质资源圃”；宁夏农科院建有枸杞资源圃，西北农林科技大学（原陕西省果树所）与农业部共建国家级柿树种质资源圃等。**再次，省级农科院拥有较强的科技成果示范推广能力。**省级农科院的科技创新及成果的研发均是基于适用本地区的品种和技术，同时拥有一支兼具理论知识和实践经验的示范推广队伍，科技成果示范推广能力强，辐射范围广。近年来，为充分发挥省级农科院示范推广成效，部分省级农科院开展院地共建，使科技成果在全省及周边地区落地开花。如广东农科院在全省100多个县市（区）建立了试验、示范、服务基地（基点）483个，与广州共建现代农业创新中心，与佛山、河源、梅州、韶关、湛江、茂名共建农科院分院，与江门、惠州共建现代农业促进中心。

**二、省级农科院开展国际合作工作存在的主要问题**

**1.国际合作资源和渠道不足**

相较于国家及农业科研机构，省级农科院在信息获取方面存在明显劣势。一般而言，如国外机构或国际组织向国内寻求合作，首先会寻找国家级农业科研机构如中国农科院等对接，而此类国家级农业科研机构一般具有完备的学科设置，除个别学科需求特殊需要与省级农业科学院合作外，基本能够满足国外机构的需求，合作信息多数可在本机构内部消化。省级农科院了解国外科技需求和先进技术的渠道不足，无法及时掌握最新发展动态，国际合作工作主动性相对滞后。

**2.国际合作管理人员团队建设不完备，国际合作专家队伍建设不完善**

现阶段，省级农科院国际合作管理部门既具有专业知识又具有良好外语基础，并能在宏观上把握农业国际科技合作发展现状及趋势的管理人才队伍还未完全建立［3］。各省级农科院国际合作管理人员主要为两类：第一类为外语专业毕业，凭借语言优势，扮演信息交流的角色，缺乏对专业领域知识的深入理解和项目管理的实践经验，难以对整个机构的国际合作工作进行统筹规划和全面布局。第二类为具备科研工作经验，能够进行简单外语沟通的科研人员转岗从事国际合作管理工作。此类管理人员对本机构的科研基础有清晰的认知并能够进行国际合作谋划，但限于外语沟通能力有限，很多场合无法与国外合作机构开展深入交流，合作成效受影响。此外，相当多学科的科技骨干和领头人受语言交流能力等的限制，参与国际学术交流与合作较少，国际合作工作无法顺利开展。

**3.不同学科领域国际合作发展不平衡**

受语言能力、科研基础和国际合作渠道资源等因素影响，省级农科院不同学科的国际合作发展并不均衡。一些国际合作意识强且知晓国际合作平台搭建渠道的学科团队，国际合作已深入开展且在国际舞台已发挥出显著影响力；一些优势学科领域和需要通过国际合作加强或提升的新兴领域，由于合作渠道、国际合作人才缺乏或团队负责人国际合作意识的树立等问题，未能很好地在国际合作舞台上发挥作用。

**4.政府间国际合作项目参与较少，合作档次有待提高**

长期以来，省级农科院国际合作渠道的搭建多以民间发起的形式为主，参与政府间合作平台的机会少。合作双方通过民间交往逐步建立合作关系，基于双方强烈的合作意向推动合作关系逐渐深入。限于国际合作信息渠道等因素影响，省级农科院参与政府间国际合作项目的机会较少，主动参与政府对外合作计划制定的机遇不多，宣传自我优势，吸引国外优秀资源的渠道不畅通，合作形式单一且战略性合作少，合作档次有待提高。

**5.国际合作成效和可持续性发展有待提高**

省级农科院每年均会以扎实的基础研究水平和良好稳定的国际合作关系获得国家和省的国际合作项目经费的资助，但实施成效显著的项目却较少，特别是在如何通过合作项目的执行来最大限度利用国外科技资源方面的成效不明显，显示度不高，相应地造成了很多项目的可持续性不高，多数合作项目的显示度和影响力不大。

**三、广东农科院开展国际合作的经验与成效**

**1.重视复合型国际人才培养**

广东农科院历来重视科技人才的培养，近年来，在复合型、领军型国际合作人才的培养方面更是不断加大力度。2009年，设立科技创新人才出国培养计划，每年选派10名左右中青年科技骨干赴国外先进的科研机构和大学开展为期一年的合作研究。为更好的推动该计划，本年度新增了短期出国人才培养计划（3-6个月）和国家留学基金项目配套资助计划，使更多的科研人员在埋头做科研的同时可以有机会有渠道“走出去”，与国外先进的大学或科研机构开展合作研究，了解国外同行的最新科研动态。据不完全统计，执行该计划人数占全院科技人员总数8%，但在SCI论文、国家基金项目和科技奖励方面均创造出20~30%的产出。

**2.积极参与各类国际合作计划，争取国际组织、国家或省等部门的国际合作经费支持**

国际合作计划是提升国际合作能力和水平的重要抓手和载体。广东农科院始终重视争取各级各类国际合作计划和国际组织的经费支持，如广东农业科院果树所与联合国粮农组织（FAO）、国际热带水果网络组织（TFNet）、国际香大蕉网络组织（INIBAP）、国际生物多样性组织（Bioversity International）、国际原子能研究机构(IAEA)、国际热带农业研究所(IITA)等机构合作，共同开展香蕉枯萎病防控关键技术研究，成功研发“中蕉9号”抗枯萎病香蕉品种，获得国内及国际同行的高度认可；广东农科院植保所在科技部项目支持下，构建了一个由东盟6国和中国4省区、10单位、100余人参加的中国—东盟自贸区农业入侵有害生物预警与防控支撑平台，制定了实蝇类等重要入侵生物的鉴定标准、监测、口岸检疫、应急防控技术规程及技术体系，提出了南方地区入侵生物防控新模式。

**3.与东盟和非洲国家的“走出去”合作进展显著，境外试验示范基地建设显成效**

境外试验示范基地建设是农业“走出去”的“桥头堡”，是提升农业科技国际影响力的重要手段。经过长期的摸索和实践，广东农科院已在东盟国家和非洲建设境外试验示范基地5个，如与菲律宾大学、菲律宾华商联总会等合作，在菲律宾建立了35公顷的农业科技合作基地，迄今，已在菲律宾吕宋岛和民德洛岛推广新品种新技术面积5万亩左右，培训当地农业从业人员1000多人次，受到菲农业部、中国农业部和科技部的好评;与马来西亚企业合作，建成原种、生产种繁育基地4个，面积135公顷，年最大生产优良蔬菜种子数量10万公斤，育成的耐热抗病优良蔬菜新品种已推广到泰国、菲律宾、印尼等近6个国家，累计种植面积超过9万亩；与泰国蚕业司合作，在泰国蚕桑主产省呵叻府（Nakhon Ratchasima）蚕桑中心建立了35公顷合作示范基地，并开展蚕、桑品种和蚕药的试验示范；与马达加斯加企业合作，在马达加斯加推广中方成熟的荔枝高产优质栽培关键技术，建立示范果园50公顷、增殖苗圃5公顷。

**4.积极参与国际组织活动并在国际组织任职，提升国际影响力**

积极参与国际组织活动并在国际组织任职，是增强国际话语权，提升国际影响力的有利渠道。广东农科院现为FAO国际热带水果网络组织中国代表单位、国际香大蕉改良网络组织的中国代表单位，副院长易干军博士任国际热带水果网络组织副主席和国际香大蕉改良网络组织中国代表。参与国际组织活动将逐步推动我国科技人员在国际舞台上由从属地位向主导地位的转变。

**5.重视国际合作成果和示范宣传，获得国家友谊奖**

国际合作成果的总结和宣传是寻找差距、打造品牌的关键环节。广东农科院水稻研究所与国际水稻研究所（IRRI）合作，引进实地养分管理技术，通过消化吸收，创新水稻“三控”栽培技术，该技术可使水稻氮肥用量减少10%－30%、氮肥利用率提高10%、水稻增产5%－10%，少施农药1-3次。经过多次的技术经验总结和成果示范宣传，该技术在广东等南方五省（区）广泛推广，使水稻增产增收，取得显著经济效益，并先后被列入农业部主推技术、农业部超级稻“双增一百”技术等。该技术取得的显著成效获得了广东省和国家引智示范推广管理部门的高度关注，与该团队合作的国际水稻研究所专家荣获2016年度国家友谊奖，由国务院副总理马凯亲自颁奖。

**四、关于推进省级农业科学院国际合作工作的几点思考**

**1.制定国际合作发展规划，谋划大发展**

国际合作要想做好做强，没有全面的统筹规划和谋篇布局是很难实现的。各省级农科院也应该把支持农业科技国际合作工作摆在更加突出的地位，省级农科院应根据国家和省政府主管部门科技发展规划，结合本单位农业发展现状、科技特色、优势和需求，制定适用于省级农科院的国际科技合作中长期发展规划，加强顶层设计，设立国际合作的重点领域，争取国际合作与交流专项资金，统筹各类国际合作平台和资源，逐步深入推进国际合作发展。

**2.紧抓国家实施“一带一路”战略的契机，加强与沿线国家农业技术合作**

当前，中国农业与世界农业深度关联，推进“一带一路”建设农业合作意义重大，既是中国深入开展对外开放的需要，也是全球农业持续健康发展的需要。紧抓“一带一路”对外合作契机，多渠道加强与沿线国家的知识分享、技术转移和人员交流，有利于促进区域内农业资源高效配置和农产品市场的深度融合，逐步推动全球农业国际合作新格局。各省级农科院应充分利用山水相连、文化相通等优势，结合各自优势，推动优势品种、技术主动输出［4］。比如，华南地区省级农科院为例，可主动加强对东盟国家优势品种如水果、蔬菜、甘薯、玉米等和适用技术的输出，建立联合实验室、研发中心或技术转移平台，促进品种、技术和产品的深入合作，此外，可依据地缘优势和动植物品种特性，构建中外动植物疫病防控平台，就正在发生和可能发生的各类动植物疫病开展联合研究。

**3.进一步加强与发达国家和国际科技组织的合作**

发达国家经过长期的摸索与实践，已有较高的科技创新水平和丰富的实践经验，国际科技组织掌握着全球科技信息和创新资源，引领全球科技发展。我国作为最大的发展中国家，虽然近年来在农业科技水平上有所提升，但与全球发达国家和国际科技组织仍有较大差距。要逐步缩短差距，提升研究水平，各省级农科院必须不断加强与发达国家和国际科技组织的合作，加强引进国外先进技术和专业知识的引进消化吸收再创新，及时跟踪国际同行科技创新发展动态，与国外发达国家一起开展重大基础研究合作，实施前沿技术的储备；积极参与科技部重点研发计划战略性国际科技创新合作重点专项和国外各类型大型国际合作计划，积极争取欧盟的“框架协议”、联合国粮农组织的“粮食安全和食品安全特别行动计划”,国际农业研究磋商组织的“挑战计划”以及创新改革计划等；与国际组织共同承办全球有影响力的国际学术会议，增加我国在国际农业科技领域中的话语权，推动我国农业科技在更大范围、更广领域和更高层次上参与国际合作与交流。

**4.加强国际合作人才培养，凝练国际合作人才队伍**

当前世界各国综合国力的竞争就是人才资源的竞争，尽管近年来我国已请进相当一批留学归国人员，但在世界人才资源竞争中仍处于劣势，复合型和领军型人才依然十分紧缺。［5］为着力提升国际合作人才培养，各省级农科院应注重人才培养梯队建设：支持国际合作能力较强的科技人员到国际组织任职，积累国际交往工作经验，拓展国际合作资源及人脉；鼓励科研基础扎实的科技骨干赴国外开展中长期合作研究，掌握国际同行的最新科研进展并为我所用；鼓励年轻的科技人员大胆“走出去”，在国际舞台上展现自我优势，逐步建立国际合作关系。此外，省级农科院可设立国际合作人才培养专项作为人才培养计划的强有力保障，逐步建立兼具扎实科研基础和较强国际合作能力的复合型、领军型人才队伍。

**5.建立政府、科研机构、企业“三位一体”的国际合作模式，发挥各自优势，不断探索国际合作纵深发展道路**

脱离了产业的研究是空洞的，脱离了研究的产业是落后的，脱离了政府的支持是局限的。近年来，我国已在政府、科研机构和企业共同合作的国际合作模式上开展了一些有利的探索与实践，但如何让这条实践之路越走越宽还需要不断摸索。省级农科院应积极发挥自身农业科研优势，联合国内外企业，争取中外各级政府支持，努力搭建政府、科研机构、企业“三位一体”的国际合作平台，共同协商解决合作中的疑难问题，推进务实合作和大型合作项目的实施，推动国际合作不断向纵深发展。

**参考文献**

[1] 关于创建一流省级农业科研院所的几点思考［J］.科技管理研究，2009(11):212-214

[2] 省级农业科学院开展国际科技合作思路探讨［J］.农业科技管理，2010（2）：86-88

[3] 浅析科研院所国际合作管理［J］.农业科技管理，石油化工管理干部学院学报,2016(5):49-52

[4]共同推进“一带一路”建设农业合作的愿景与行动，<http://www.sohu.com/a/140602540_247689>

［5］全球化背景下加强我国农业国际科技合作工作的思考［J］.农业科技管理，2014（12）：39-42

**作者信息：**马静（1983-），女，陕西人，广东省农业科学院科研管理部副主任科员、主要从事农业科技国际合作工作。

# 国家第五轮集成示范甘蔗新品种在前进示范县的表现与种性评价

杨运萍12 刘建荣2 李海忠1 蔡健1陈梅珠1

[[9]](#footnote-9)(1广东省广前糖业发展有限公司，广东遂溪 524348；

2湛江农垦科学研究所，广东湛江 524086 )

**摘 要** 为了解国家甘蔗产业体系第五轮新品种在湛江农垦综合试验站前进示范县的种性表现，为新品种的引进与示范提供依据，于2016-2017年对来自广东、广西、云南福建省区的11个甘蔗新品种进行1年新植1年宿根的品种比较试验。结果表明：粤甘43和海蔗22这两个品种表现出高产高糖特性，在宿根性能，抗病虫性等多个性状优于对照品种柳城05-136，适宜在湛江地区推广种植。福农09-4095可作为强宿根、高产稳产、高抗品种进一步用于示范推广。其他参试品种在产量等综合表现方面不及对照品种柳城05-136，不宜在前进示范县大面积种植。

**关键词** 甘蔗；新品种；前进示范县；比较试验；种性

Performance and Evaluation on the Characteristic of the New Sugarcane Varieties for the National Fifth Integration and Demonstration in Qianjin County

YANG Yun-ping, LIU Jian-rong, LI Hai-zong, CAI Jian, CHEN Mei-zhu

**Abstract:** In order to evaluation the performance of the sugarcane new varieties and provide the reference for introduction and demonstration, the two years trial in succession for these 11 varieties, which were respectively derived from Guangdong, Guangxi, Yunnan and Fujian, was carried out in Qianjin county of Integrated Site of Zhanjiang State Farm during 2016 and 2017. Results showed that both Yuegan43 and Haizhe22 had higher cane and sugar yields, stronger ratooning ability and better resistance to disease and pest than the check variety Liucheng05-136, and both of them could be planted in Zhanjiang sugarcane area. Funong09-4095 could be considered to continue to test and demonstrate further for its strong ratooning ability, high and stable yield, and good resistance. The other tested varieties were poorer than the CK in yield, sucrose content, ratooning ability, etc. And it may not be proper to plant them in Qianjin county.

**Keywords:** Sugarcane; New Variety; Qianjin County; Compared trial; Characteristic

**前言**

广东省是我国食糖消费量排名第一的省份，湛江蔗区则是广东省蔗糖产业的主要生产地，湛江地区甘蔗种植面积占广东省甘蔗总面积的82%，蔗糖产量占全省的89%，湛江甘蔗产业经过多年发展壮大，已经成为“三农”的支柱产业之一[1]。但相比外国发达的甘蔗种植国家，我国甘蔗的优良品种更新太慢，品种的老化和退化现象非常严重，给甘蔗生产带来许多安全隐患，从而导致制糖成本上升[2]。为了筛选出高产稳产、高糖、多抗、宿根性好以及适合机械化种植的优良甘蔗品种，于2016-2017年对桂糖40、桂糖44、柳城07-150、柳城07-536、云蔗09-1601、云蔗08-1609、福农07-3206、福农09-4095和海蔗22共11个新品种进行了“一新一宿”的品种比较试验，以明确这些品种的种性表现，为其在该蔗区和其他同类型蔗区的种植推广提供参考。

**1 试验材料和方法**

**1.1 供试品种**

供试品种共12个，为体系第五轮甘蔗品种桂糖40号、桂糖44号、粤甘43号、粤甘46号、云蔗09-1601、云蔗08-1609、云蔗09-1601、柳城07-150、柳城07-536、福农07-3206、福农09-4095、海蔗22号和柳城05-136（对照）。

**1.2 供试土壤性状**

试验地土壤为砖红壤，基本农化性状为：pH值4.77，有机质含量20.81g/kg，碱解氮79.46mg/kg，速效磷69.96mg/kg，速效钾272.00mg/kg。

**1.3试验设计**

试验于2016年3月24日在前进示范县农科所37号地块进行，试验地前茬为甘蔗，按旋耕→二铧犁→旋耕→开沟的工序进行耕作。试验采用小区互比试验法，每小区5行，行距1.0米，每行13.3米共66.7m2，3次重复，共8644m2，试验地周围设保护行，各小区田间管理方法一致，各个小区施肥量相同。具体施肥量为施基肥尿素10kg/667m2，过磷酸钙150kg/667m2，氯化钾5kg/667m2，追肥施尿素25kg/667m2，氯化钾30kg/667m2。

**1.4试验测定项目**

根据试验进度安排，测定萌芽率、发株率（宿根）、有效分蘖率、株高、生长速度等生长期农艺性状，进入工艺成熟期，测定667m2有效茎数、茎径、虫节率、产量、田间锤度和压榨糖分等性状。

**1.5数据处理**

数据处理采用Excel2000和JMP7.0进行处理。

**2 结果分析**

**2.1不同甘蔗品种产量的比较**

从表1可以看出：在新植试验中，12个参试品种中产量最高的是福农09-4095，产量为7.57吨/667m2，其次是海蔗22，产量为7.18吨/667m2，但二者差异不显著；福农09-4095与对照品种柳城05-136相比增产0.91吨，增幅达13.66%，差异显著，粤甘46产量最低，为5.02吨/667m2与对照相比减产1.64吨，减幅达24.62%，呈显著水平；桂糖40、桂糖44、粤甘46、云蔗09-1601和福农07-3206的产量均低于对照品种柳城05-136，均达到显著水平。在宿根试验中，产量排名前三的品种分别是福农09-4095、粤甘43、桂糖40，产量分别为7.46吨/667m2、6.96吨/667m2、6.88吨/667m2，比对照品种均由增产但差异未达显著水平；产量最低的是粤甘46，为4.93吨/667m2，显著低于对照品种柳城05-136的产量6.76吨/667m2，减产1.83吨，减幅达27.07%。新植宿根总平均产量中福农09-4095、粤甘43、云蔗08-1609的产量超过对照品种柳城05-136，只有福农09-4095达到显著水平，海蔗22和对照产量一样，桂糖44、粤甘46、云蔗09-1601、柳城07-536和福农07-3206低于对照品种，达显著水平。

表1不同甘蔗品种产量的差异分析

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 品种 | 新植产量（吨/667m2） | 宿根产量（吨/667m2） | 新宿平均产量（吨/667m2） |
| 桂糖40 | 5.82±0.09d | 6.88±0.45abc | 6.35±0.18cde |
| 桂糖44 | 5.71±0.08d | 6.16±0.40cd | 5.93±0.24def |
| 粤甘43 | 6.99±0.22bc | 6.96±0.58ab | 6.97±0.30b |
| 粤甘46 | 5.02±0.21e | 4.93±0.27f | 4.98±0.17g |
| 云蔗09-1601 | 5.35±0.04de | 6.52±0.24ef | 5.28±0.35f |
| 云蔗08-1609 | 7.02±0.16bc | 5.21±0.72bcd | 6.76±0.2bc |
| 柳城07-150 | 6.52±0.37c | 6.26±0.19bcd | 6.39±0.27cd |
| 柳城07-536 | 6.49±0.68c | 5.15±0.69f | 5.82±0.54g |
| 福农07-3206 | 5.77±0.18d | 5.94±0.06de | 5.86±0.07ef |
| 福农09-4095 | 7.57±0.52a | 7.46±0.53a | 7.51±0.47a |
| 海蔗22 | 7.18±0.41ab | 6.25±0.06bcd | 6.71±0.20bc |
| 柳城05-136 | 6.66±0.17bc | 6.76±0.60abc | 6.71±0.32bc |

注：表中不同小写字母表示差异显著（α=0.05），下同。

**2.2不同甘蔗品种667m2产糖量的比较**

各品种667m2产糖量的变化趋势与甘蔗产量的相近。由表2可知：在新植试验中，粤甘43和海蔗22的产糖量高于对照柳城05-136，产糖量分别为1038.20kg/667m2和1099.38kg/667m2，柳城05-136的产糖量为1023.50kg/667m2，但未达到显著水平；云蔗08-1609、柳城07-150和福农09-4095的产糖量分别为1000.45kg/667m2、939.27kg/667m2和989.38kg/667m2，这三个品种的产糖量稍低于对照品种，未到达显著水平；其余品种的产糖量均显著低于对照品种，其中粤甘46的最低，减幅达33.82%。在宿根试验中，粤甘43的产糖量为1125.61kg/667m2，对照品种柳城05-136的产糖量为1059.54kg/667m2，相比之下粤甘43增产66.07kg，增幅为6.24%；桂糖40、桂糖44、云蔗08-1609、柳城07-150、福农09-4095和海蔗22的产糖量分别为985.21 kg/667m2、941.07 kg/667m2、992.28 kg/667m2、993.89 kg/667m2、1035.85 kg/667m2和979.59 kg/667m2，均低于对照品种，但未达显著水平；其余品种的产糖量显著低于对照品种，其中粤甘46的最低，减幅达30.95%。从新植宿根平均值来看，粤甘43的产糖量高于对照品种，但未达到显著水平；云蔗08-1609、柳城07-150、福农09-4094和海蔗22的产糖量低于对照品种柳城05-136，未达显著水平；其余品种的产糖量显著低于对照品种，粤甘46最低，减幅达32.36%。

表2 不同甘蔗品种667m2产糖量的差异分析

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 品种 | 新植产糖量（kg/667m2） | 宿根产糖量（kg/667m2） | 新植宿根平均值（kg/667m2） |
| 桂糖40 | 835.73±51.33e | 985.21±77.32abc | 910.47±26.44cd |
| 桂糖44 | 888.02±24.25de | 941.07±62.94bcd | 914.54±38.07cd |
| 粤甘43 | 1038.20±63.2ab | 1125.61±165.82a | 1081.90±107.94a |
| 粤甘46 | 677.35±31.47f | 731.62±44.32e | 704.49±30.97g |
| 云蔗09-1601 | 798.09±14.63e | 809.85±113.85de | 803.97±61.91ef |
| 云蔗08-1609 | 1000.45±39.24bc | 992.28±78.92abc | 996.37±53.31abc |
| 柳城07-150 | 939.27±89.09cd | 993.89±48.47abc | 966.58±67.64bc |
| 柳城07-536 | 829.08±87.93e | 704.67±96.85e | 766.86±58.75fg |
| 福农07-3206 | 814.41±72.52e | 905.51±27.88cd | 859.96±38.06de |
| 福农09-4095 | 989.39±46.71bc | 1035.85±59.94abc | 1012.62±31.33ab |
| 海蔗22 | 1099.38±36.54a | 979.59±29.22bc | 1039.49±3.77ab |
| 柳城05-136 | 1023.50±29.09abc | 1059.54±105.7ab | 1041.52±58.25ab |

**2.3不同甘蔗品种糖分的比较**

如表3所示，糖分为全期平均糖分的平均值，宿根甘蔗糖分普遍高于新植蔗。由表3可知：在新植试验中，糖分最高的品种是桂糖44，糖分为15.56%，柳城05-136的糖分为15.36%，相差0.2个百分点，未达显著水平；粤甘43、云蔗09-1601和海蔗22的糖分分别为14.86%、14.93%和15.33%，与对照品种相比差异不显著；其余品种的糖分均显著低于柳城05-136，其中糖分最低的品为柳城07-536，糖分为12.77%，比柳城05-136低了2.59个百分点。在宿根试验中，粤甘43、柳城07-150和海蔗22的糖分分别为16.11%、15.88%和15.68%，均高于对照品种，对照品种柳城05-136的糖分为15.67%，差异未达到显著水平；桂糖40、粤甘46、云蔗09-1601、云蔗08-1609和福农07-3206的糖分均低于对照品种柳城05-136，但差异未达到显著水平；其余品种糖分显著低于对照品种柳城05-136，其中柳城07-536的糖分最低，为13.69%，与对照相差1.98个百分点。从新植宿根平均值来看，糖分较高的品种为桂糖44、粤甘43、云蔗09-1601、柳城07-150和海蔗22，糖分分别为15.43%、15.49%、15.24%、15.13%和15.51%，对照品种柳城05-136的糖分为15.52%，它们与对照品种的糖分差异并不显著；其余品种的糖分均显著低于柳城05-136，其中最低的为柳城07-536，糖分为13.23%，与对照相差了2.29个百分点。

表3 不同甘蔗品种糖分的差异分析

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 品种 | 新植糖分（%） | 宿根糖分（%） | 新宿糖分平均值（%） |
| 桂糖40 | 14.37±0.73cd | 14.31±0.5abc | 14.34±0.11d |
| 桂糖44 | 15.56±0.26a | 15.30±0.76cde | 15.43±0.27ab |
| 粤甘43 | 14.86±0.67bc | 16.11±1.12a | 15.49±0.9a |
| 粤甘46 | 13.49±0.08ef | 14.84±0.28bcd | 14.16±0.17de |
| 云蔗09-1601 | 14.93±0.34abc | 15.55±0.03ab | 15.24±0.19abc |
| 云蔗08-1609 | 14.26±0.53cd | 15.21±0.66abc | 14.73±0.45bcd |
| 柳城07-150 | 14.38±0.57cd | 15.88±0.29a | 15.13±0.42abc |
| 柳城07-536 | 12.77±0.34g | 13.69±0.35e | 13.23±0.23f |
| 福农07-3206 | 14.09±0.89de | 15.24±0.49abc | 14.67±0.5cd |
| 福农09-4095 | 13.08±0.27fg | 13.91±0.89de | 13.50±0.57ef |
| 海蔗22 | 15.33±0.39ab | 15.68±0.49ab | 15.51±0.41a |
| 柳城05-136 | 15.36±0.07ab | 15.67±0.18ab | 15.52±0.12a |

**2.4不同甘蔗品种主要的农艺性状的比较**

表4中的分蘖率、株高、茎径和667m2有效茎数是新植宿根平均值。由表4可知：新植萌芽率最高的是福农07-3206，萌芽率为75.00%，最低为福农09-4095，萌芽率为52.33%，对照品种柳城05-136，萌芽率为55.00%，所有参试品种出来福农09-4095的萌芽率低于对照，其他品种的萌芽率均高于对照品种；宿根发株率最高的品种是桂糖44，发株率是101.15%，对照品种柳城05-136发株率为98.19，除了桂糖44高于对照品种，其他品种的发株率均低于对照品种，最低的品种是粤甘46，发株率为43.25%；所有品种的分蘖率都高于对照品种柳城05-136，对照品种的分蘖率为124.03%；株高方面，除了柳城07-150和福农09-4095高于对照，其他品种均不及对照；茎径方面，粤甘43、粤甘46、云蔗09-1601、云蔗08-1609、柳城07-536和海蔗22的茎径大于对照品种，其他品种均小于对照品种；在有效茎条数方面，桂糖40、桂糖44、福农09-4095和海蔗22的667m2有效茎数分别为4508条、4467条、4610条和4383条，显著高于对照品种柳城05-136，有效径数为3470条，但这四个品种间的差异不显著，其余品种与对照品种相比差异不显著。

表4 不同甘蔗品种主要农艺性状表现

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 品种 | 萌芽率(%) | 发株率(%) | 分蘖率(%) | 株高(cm) | 茎径(cm) | 667m2有效茎数（条） |
|  |  |  |  |  |  |  |
| 桂糖40 | 65.00 | 93.52 | 157.29 | 280.63 | 2.54 | 4508±192a |
| 桂糖44 | 73.00 | 101.15 | 148.10 | 295.37 | 2.50 | 4467±344a |
| 粤甘43 | 68.00 | 97.50 | 139.74 | 288.94 | 2.71 | 3738±119bc |
| 粤甘46 | 67.67 | 43.25 | 177.64 | 253.21 | 2.71 | 3105±28c |
| 云蔗09-1601 | 59.67 | 76.37 | 158.36 | 293.51 | 3.12 | 3420±268b |
| 云蔗08-1609 | 71.33 | 90.11 | 143.45 | 286.99 | 2.75 | 3627±111b |
| 柳城07-150 | 67.33 | 89.63 | 133.86 | 320.58 | 2.53 | 3602±93b |
| 柳城07-536 | 68.00 | 76.97 | 136.84 | 311.29 | 2.74 | 3376±170bc |
| 福农07-3206 | 75.00 | 88.11 | 135.75 | 304.56 | 2.54 | 3598±122b |
| 福农09-4095 | 52.33 | 94.87 | 151.06 | 323.50 | 2.49 | 4610±175a |
| 海蔗22 | 74.00 | 93.29 | 133.24 | 286.33 | 2.66 | 4383±464a |
| 柳城05-136 | 55.00 | 98.19 | 124.03 | 316.22 | 2.64 | 3470±155bc |

**2.5不同甘蔗品种田间抗性和其他性状比较**

表5中的抗性指标均为新植宿根平均值。从表5可以看出：所有参试品种在整个生长期都不同程度受到螟虫为害，其中柳城07-150的枯心苗率低于对照品种柳城05-136，其他品种枯心苗率均高于对照品种；虫节率最高的品种是云蔗09-1601，其虫节率为46.54%，最低的品种为福农09-4095，其虫节率为15.08%，对照品种柳城05-136的虫节率为23.45%，除了福农07-3206、福农09-4095和海蔗22的虫节率低于对照品中，其余品种的虫节率均高于对照品种；风折情况，所有新品种的风折率均高于对照品种；黑穗病发病最严中的品种是云蔗08-1609，黑穗病率为26.57%，柳城07-150未见感染黑穗病，黑穗病率低于对照的品种有粤甘43、粤甘46、柳城07-150和海蔗22，其他品种的黑穗病率高于对照；稍腐病感染情况，发病情况最严重的品种是云蔗08-1609，稍腐病率为9.00%，其他品种包括对照发病率都较低；除桂糖40、桂糖44、云蔗09-1601和云蔗08-1608在本地区抽穗开花外，其他品种未见抽穗开花。

表5不同甘蔗品种抗性表现及其他性状比较

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 品种 | 枯心苗率（%） | 虫节率（%） | 风折率（%） | 黑穗病率（%） | 稍腐病率（%） | 开花情况 |
| 桂糖40 | 3.61 | 32.56 | 3.15 | 2.96 | 2.00 | 开花 |
| 桂糖44 | 3.27 | 38.22 | 0.95 | 3.49 | 1.50 | 开花 |
| 粤甘43 | 3.63 | 26.15 | 1.80 | 0.95 | 1.00 | 未开花 |
| 粤甘46 | 3.22 | 35.45 | 0.75 | 0.78 | 1.50 | 未开花 |
| 云蔗09-1601 | 3.79 | 46.54 | 4.45 | 2.78 | 2.00 | 开花 |
| 云蔗08-1609 | 2.09 | 39.30 | 1.50 | 26.57 | 9.00 | 开花 |
| 柳城07-150 | 1.39 | 42.94 | 0.80 | 0.00 | 1.00 | 未开花 |
| 柳城07-536 | 3.83 | 36.97 | 0.85 | 2.76 | 1.00 | 未开花 |
| 福农07-3206 | 3.37 | 20.14 | 3.65 | 7.59 | 5.00 | 未开花 |
| 福农09-4095 | 3.47 | 15.08 | 2.00 | 2.79 | 1.00 | 未开花 |
| 海蔗22 | 2.73 | 21.16 | 1.75 | 1.86 | 1.00 | 未开花 |
| 柳城05-136 | 1.87 | 23.45 | 5.50 | 2.19 | 1.00 | 未开花 |
|  | | | | | | |

**3结论与讨论**

经过1年新植和1年宿根的品种比较试验，粤甘43和海蔗22这两个品种表现出高产高糖特性，在宿根性能，抗病虫性等多个性状优于对照品种柳城05-136，适宜在湛江的广前蔗区和麻章的湖光蔗区推广种植，广前蔗区与湖光蔗区气候与土壤特性相近。福农09-4095可作为强宿根、高产稳产、高抗品种进一步用于示范推广。其他参试品种在产量等综合表现方面不及对照品种柳城05-136，不宜在广前蔗区大面积种植。但湛江的丰收蔗区和华海蔗区、幸福蔗区与广前蔗区气候有较大不同，丰收、华海、幸福春季较干旱，冬季雾水天气较多，而广前、湖光蔗区春季有雨水，这些品种是否适合在其他三个蔗区，有待在相应的蔗区做试验观察。各个品种在前进示范县的种性和生产性能表现综述如下。

粤甘43为高产高糖品种，在本试验中，粤甘43植株中等高度、中大茎，新植萌芽率和分蘖率一般，宿根发株率高，宿根能力强，有效茎多，抗病性、抗虫性、抗风性较强，适合机械化种植管理。产量、产糖量、糖分均高于对照，在本地区不开花。建议此品种在本地区栽培时可适当延长宿根年限，达到降低成本、提高效益的目的。

海蔗22[3]表现为高糖高产稳产的特性，在本试验中，海蔗22植株中等高度、中大茎，新植萌芽率和宿根发株率高，分蘖率一般，宿根能力强，有效茎多与对照品种，抗病性、抗虫性、抗风性强，适合机械化种植管理和收获。产量、产糖量、糖分与对照品种相比稍低，但差异不显著，该品种可以在前进示范县推广种植。

福农09-4095表现为高产稳产宿根性能好的特性，植株高大直立，中等茎种，虽然新植萌芽率稍低，但宿根发株率高，分蘖强，宿根能力强，有效茎数是所有品种中最多的，抗病性、抗虫性、抗风性强，适合机械化种植管理和收获。不论是新植还是宿根产量均高于对照品种，差异显著，稳产性好，但糖分较低福农09-4095可作为强宿根、高产稳产、高抗品种在本地区进一步用于示范推广。

桂糖40植株中等高度，中等茎种，虽然新植萌芽率一般，但宿根发株率高，分蘖强，宿根能力强，有效茎数多，高于对照，差异显著，抗病性强，抗虫性差，抗风能力一般。宿根产量高于新植产量，也高于于对照品种，差异不显著，糖分不高，在本地区有抽穗开花的情况。该品种可作为宿根性强，抗病性强的育种材料加以研究利用。

桂糖44植株中等高度，中等茎种，新植萌芽率高，宿根发株率高，分蘖强，宿根能力强，有效茎数多，高于对照，差异显著，抗病性强，抗虫性差，抗风强。不论新植还是产量低于于对照品种，差异显著，糖分高，和对照相比差异不显著，可作为高糖宿根性强，抗病性强的品种做进一步示范试验，管理上应注意及时防治螟虫，也可以作为育种材料加以研究利用。

粤甘46植株中等高度，中大茎种，新植萌芽率一般，宿根发株率最低，分蘖率最高，宿根性能差，有效茎数最少，与对照相比，差异显著。抗病性强，抗虫性差，抗风强。不论新植还是产量和糖分都是最低，与对照相比差异显著，该品种是所有参试品种中表现最差的品种，不宜在前进示范县大面积推广种植。

云蔗09-1601植株高大，大茎种，萌芽率稍低，宿根发株率高，分蘖强，但有效茎条数少，与对照相比差异显著，宿根性差。抗虫性差，抗病性较强，抗风能力差。新植宿根产量都低于对照，差异显著，糖分高，但与对照相比差异不显著，在本地区有抽穗开花情况。该品种不宜在前进示范县大面积繁殖推广。

云蔗08-1609植株高大，中大茎种，萌芽率高，宿根发株率高，分蘖强，有效茎条数中等，与对照相比差异不显著，宿根性一般。抗虫性差，抗风能力强，易感染黑穗病和稍腐病。新植产量都高于对照，差异不显著，糖分一般，在本地区有抽穗开花的情况。该品种不宜在前进示范县大面积繁殖推广。

柳城07-150植株高大，中等茎种，萌芽率、宿根发株率、分蘖率较低，有效茎数中等，宿根性能一般。抗虫能力差，抗风抗病能力强。产量和糖分稍低于对照品种，但差异不显著。可作为高产高糖，抗风抗病性强的品种做进一步示范试验，管理上应注意及时防治螟虫，也可以作为育种材料加以研究利用。

柳城07-536植株高大，中等茎种，萌芽率、宿根发株率、分蘖率较低，有效茎数中等，宿根性能一般。抗虫能力差，抗风抗病能力强。宿根产量低于对照品种，差异显著，糖分低于对照品种差异显著。该品种不宜在前进示范县大面积繁殖推广。

福农07-3206植株高大，中等茎种，萌芽率、宿根发株率、分蘖率较低，有效茎数中等，宿根性能一般。病虫害抗性及抗风能力一般。不论新植还是宿根产量都低于对照品种，差异显著，糖分稍低于对照品种，差异不显著。该品种不宜在前进示范县大面积繁殖推广。

**参考文献**

[1] 赵龙,陈光,阳慈香等.湛江农垦甘蔗机械化收获现状及对策[J].农垦机械化.2017,1:105-106,109.

[2] 吴多广,吴建涛,王勤南.我国甘蔗生产成本及产业竞争力浅析[J].甘蔗糖业.2017,5:23-25.

[3] 周峰,刘壮,张伟等.海蔗22号及其亲本抗旱性初探[J]. 甘蔗糖业.

2018,1:7-11.

**作者简介：**杨运萍， 1987年6月出生，女，河南邓州人，农艺师。2014年6月毕业于广东海洋大学作物遗传育种专业，硕士研究生学历。现任广东省广前糖业发展有限公司农科所副所长，从事甘蔗良种繁育与推广以及甘蔗病虫害防治工作。

E-mail:gqgsnks@163.com, tel: 15013402211

# “一带一路”背景下农垦天然橡胶产业对外合作对策分析

张德生，何昱辛

（海南大学经济与管理学院 海南海口 570228）

**摘 要** 广东、海南和云南农垦三大农垦企业，经过10余年走出去的努力，天然橡胶产业对外合作取得了积极的成效。在一带一路倡议下，我国天然橡胶产业对外合作形势也发生了变化。文章从农垦天然橡胶产业对外合作的实际情况进行分析，为农垦橡胶企业的对外合作提出意见和建议。

**关键词** 天然橡胶；对外合作；一带一路；

**1 引言**

2004年以来，按照农业部“南胶北粮”战略部署，广东农垦、海南农垦和云南农垦积极实施走出去战略。2013年一带一路倡议的提出，三大农垦紧抓机遇，积极参与到一带一路的建设中来，加快推动了天然橡胶产业的对外合作进程。在2017年农业部评选的农业对外合作百强企业中，有5家橡胶企业上榜，其中海胶集团排名第3，广垦橡胶集团排名第11，云垦云橡集团排名第16。

天然橡胶走出去是指通过建设海外天然橡胶基地，走出国门发展天然橡胶种植、加工和贸易业。张德生和傅国华（2009）总结了三大农垦企业天然橡种植加工走出去战略的具体实践，分析了进程和差异对比，研究与东盟国家合作的积极因素、制约因素、合作方式选择等若干问题，并对我国橡胶企业的合作方式和业务选择提出政策建议 。布仁门德（2016）并运用态势分析法分析了中国橡胶企业与东南亚地区和非洲拉美地区的投资合作前景，提出中国橡胶企业进行投资应该分为应该3类区域，即重点支持区域、相对支持区域、和暂不合作区域，并对重点支持区域和相对支持区域进行天然橡胶国际投资合作的具体建议分析 。傅国华（2016）提出天然橡胶空间产业链的概念，通过对天然橡胶空间产业链的构建模式、基本构造、动机机制、稳定性以及一带一路中的发展路径阐述，为天然橡胶产业的走出去发展奠定了较好的理论基础 。现在这些研究主要针对的是天然橡胶合作区域的选择以及走出去方式方向的选择问题，强调要有针对性的选择合作，寻找适合的方式进行合作来保证天然橡胶企业能够顺利的走出去。

天然橡胶对外合作是指统筹利用国内国外两种资源、两个市场、两类规则，以企业为主体，以市场为导向，深化天然橡胶优势产业和科技合作, 加快推进天然橡胶产业供给侧结构性改革。而走出去含义相对较窄，对外合作不仅仅包含着走出去，更多的强调双方的合作互动。在一带一路的倡议下，农业部出台《共同推进“一带一路”建设农业合作的愿景与行动》，文件中指出,农业发展是“一带一路”沿线国家和地区国民经济发展的重要基础,沿线大部分国家和地区对解决饥饿和贫困问题、保障粮食安全与营养的愿望强烈,开展农业合作是沿线国家和地区的共同诉求；未来中外着重在以下方面加强合作,包括构建农业政策对话平台、强化农业科技交流合作、优化农产品贸易合作、拓展农业投资合作、加强能力建设与民间交流。本文将在“一带一路”的背景下对三大农垦天然橡胶产业对外合作的实际进行分析，并提出合理的建议，推进天然橡胶对外合作的良性发展。

**2 农垦天然橡胶产业对外合作的成效**

**2.1扩大了农垦天然橡胶产业发展空间**

天然橡胶对种植环境要求较高，受气候、土壤等自然环境及土地资源因素制约，我国适宜种植天然橡胶的区域仅在云南、海南、广东三省的部分区域可以种植，可继续扩种的面积十分有限；以16年为例，我国天然橡胶适宜种植面积大约1800万亩，年产量80万吨左右，我国天然橡胶每年消耗量大约在490万吨左右 ，自产天然橡胶远远不能满足国内的需求，我国天然橡胶产业在上、中游种植、加工领域发展不均衡，产业链衔接不紧密，主要集中在种植业和加工业，对于贸易的关注较少，同时国内的天然橡胶产业发展空间略有不足，走出国门扩大发展空间已经成为紧急任务。三大农垦企业积极向外延伸天然橡胶产业链，在空间上拓展到东南亚和非洲等地，延伸了天然橡胶的发展空间，同时在国外租地种植、投资并购橡胶加工厂、创建橡胶贸易公司，延伸了产业链的长度，实现了上中下游全产业链的发展，取得了一系列的成效。广东农垦通过境外天然橡胶投资建设，与泰国、马来西亚、印度尼西亚、柬埔寨、老挝等东南亚国家合作，共同开发当地利用天然橡胶资源，统筹利用国际国内两个市场、两种资源，在当地投资橡胶种植员进行橡胶的种植任务，积极通过独资、合资、收购、建设等模式发展橡胶加工厂，在新加坡设立贸易公司，通过全产业链的模式既优化了我国国内、国际天然橡胶产业布局，也进一步拓展了产业发展空间；海南农垦在东南亚地区的老挝、印度尼西亚、新加坡、泰国和非洲的塞拉利昂等国家进行种植和加工贸易等方面的合作，将天然橡胶产业扩展到非洲，进一步加宽了天然橡胶产业链的空间领域，逐步建成完善种植、加工、销售、物流及相关业务的全产业链条，橡胶采购和销售区域覆盖东南亚及我国市场，海南农垦在国际市场上的竞争力逐步上升；云南农垦由于特殊的地缘因素，天然橡胶业务主要集中在东南亚的老挝、缅甸等与我国边境有接壤的国家，主要开展替代种植业务，以天然橡胶等作物代替罂粟种植，同时在新加坡和青岛设立橡胶贸易公司，与东南亚的橡胶生产国的橡胶生产企业建立贸易合作关系，优化了天然橡胶产业发展的空间。

**2.2提升了农垦企业的国际化经营能力**

我国农业企业对外合作经验较少，缺乏国际化的经营能力，农垦企业走出去之后，积极参与到国际竞争与合作中来，开展跨国生产、销售、服务等国际性的经营活动，随着经济全球化的发展，企业直接参与国际竞争、开展国际化经营已成为一种必然趋势，三大农垦企业在走出去之后国际化的经营能力提升显著，在规模、市场和国际化的人才培养等方面取得了长足的进步。广东农垦积极收购并购海外橡胶企业，橡胶种植、加工和贸易项目遍布东南亚的泰国、马来西亚、印尼、柬埔寨、老挝、缅甸、新加坡等7个国家, 共有42个独立运营的橡胶种植、加工和贸易项目, 海外资产规模超过50亿元，海外天然橡胶加工能力达130万吨，海外已种植完成橡胶园近40万亩，2017年海外自有胶园产胶近6000吨，海外天然橡胶产销量量近65万吨，销售收入超过80亿元， 建成了完整的产业链体系，扩大了境外经营的规模，提高了国际市场的经营利润，在2016年并购泰国第三大橡胶企业泰华树胶 (大众) 有限公司后, 广垦橡胶的全球天然橡胶加工能力达到150万t, 控制橡胶种植面积大约200万亩, 成为全球首屈一指的天然橡胶全产业链经营企业 ；同时以现有员工为基础，选拔优秀人才，并积极培养海外本地人才，实施人才本土化。打造具有跨国经营能力的国家化人才。海南农垦自2010年开始通过对海外贸易加工公司的收购并购方式发展至今，全资、控股及参股的境外公司已有10多家，在境外发展已经具有一定的规模，已在东南亚市场完成业务布局，拥有较为稳定的供货渠道和销售客户群体，橡胶采购和销售区域覆盖东南亚及我国市场，收购R1和KM公司之后，海胶集团控制总计达到220万吨的天然橡胶产量与贸易量，占全球产量近18%。市场占有率相对较大，橡胶贸易业务逐年稳步增长，形成了集团贸易业务拓展和金融资本协同发展的国际化、专业化海外发展公司，盈利颇丰，在业界里获得了较好的美誉度；同时开设海外课堂、建立人才培训基地、与高等院校合作，培养企业需要的国家化人才，解决了发展中的人才瓶颈问题。云南农垦在老挝缅甸经营十余年，以云橡集团为主体，采取种植与并购相结合的方式，开发利用当地的橡胶资源，做强做大云南农垦天然橡胶产业，在规模和市场盈利方面，截至2017年在老挝境内完成投资4.89亿元，资产总额7亿元，在老挝种植10万亩橡胶，带动种植11万亩的橡胶，预计到2021年将在老挝、缅甸区域实现掌控橡胶核心资源70万亩、辐射带动300万亩、产能达30万吨、销售收入45亿元的目标， 经过十余年的努力，云橡集团的国际经营能力大幅提升，已经确立了在老挝北部橡胶种植、加工、销售行业的龙头地位。

**2.3有效保障了我国天然橡胶供给**

我国橡胶工业的经济安全受到天然橡胶进口量的影响巨大，而我国在天然橡胶进口方面对东南亚的依赖度非常高，东南亚是世界上天然橡胶最大的出口地区，同时也是中国的最主要进口地区，近些年，我国在东南亚的天然橡胶进口数量高达90%，在天然橡胶资源供给方面严重依赖于东南亚。三大农垦企业积极布局海外，加强了同东南亚各个产胶国家的合作，在种植面积、加工量和贸易量方面有较明显的突破，资源占有率相对较高，有效地保障了我国天然橡胶的供给安全，天然橡胶不仅要走得出去，也要能走得回来，农垦企业的海外橡胶积极返销国内，不仅满足了我国航空高端产业和军工领域对天然橡胶品种和性能的特殊需求，同时极大程度上缓解了优质橡胶资源供给受制于人的问题，也大大提升了我国天然橡胶这一战略物资的供给安全保障水平。广东农垦通过境外天然橡胶产业投资和跨国并购，已经成为全球化布局、全产业链经营、具有较强资源掌控力的大胶商，目前已拥有年150万吨干胶产能、近100万吨的销售量，海外已种植完成橡胶园近40万亩，2017年海外自有胶园产胶近6000吨，大部分的橡胶资源会通过资源回运的方式返销国内；海南农垦先后通过投资并购等手段在新加坡、印尼、老挝等地建设自己的海外贸易公司和加工种植企业，海垦在2012年和2017年先后完成收购R1、KM和ART公司，目前海南农垦控制橡胶贸易量和生产量总计已达到220万吨，占全球产量的18%，海南农垦通过整合海外橡胶生产加工、贸易企业的业务协同运作，实现全球橡胶营销业务协同等手段，极大地保证了新形势下国家天然橡胶战略物资安全；云南农垦主要通过在老挝当地投资橡胶种植基地和加工厂等手段，在老挝北部四省九县建立了18个橡胶种植基地，开垦种植橡胶近10万亩，带动当地老百姓种植橡胶11万多亩，在老挝已建成和合作4座橡胶加工厂，年产4.5万吨。在缅甸合作建设年产1万吨的橡胶加工厂一座，可使我国天然橡胶产业供给能力大大增强，极大程度的降低对外依存度。

**2.4加深了与天然橡胶主产国的技术和人才合作**

在农垦天然橡胶对外合作的过程中，天然橡胶产业链的每个环节都需要有严格的技术控制和管理要求，充足的技术力量和到位的经营管理是天然橡胶对外合作的关键，三大农垦积极主动加强与合作国家在技术层面的交流和合作，和在人才方面的培养。广东农垦在在柬埔寨、泰国等地设立种苗培育中心，在国内首个设置于高职院校的东南亚研究所广东农工商职业技术学院东南亚研究所正式落户广东农工商职业技术学院，这也标志着广东农垦国际战略有了属于自己的专业智库和人才仓库，为广东农垦对外合作提供了源源不断的人才支持；海胶集团与世界橡胶研究组织、中国天然橡胶协会、泰国橡胶局、合盛农业集团公司共同签署了战略文件，共同发起成立天然橡胶全球创新研发中心，进一步加强了海南农垦与其他国家的科技和人才合作；云南农垦与老挝政府合作成立老挝天然橡胶产业科技标准示范中心和老挝天然橡胶研究所，将中国先进的橡胶种植技术引进老挝，通过多次组织员工技能培训以及橡胶管护和割胶技术培训等，不断提高老挝员工的业务技能，有效缓解了老挝严重缺乏专业技术人才的难题。

**3一带一路倡议对天然橡胶产业对外合作的影响**

**3.1 国家和地方政府对农业对外合作的支持**

一带一路倡议下，我国农业对外合作取得了长足的发展，与沿线国家的农业合作机制和体制不断完善，对农业走出去的支持力度也不断加大，内容不断充实，我国农业部及时制定了《落实＂一带一路＂建设战略的实施方案》，方案中明确提出在＂一带一路＂框架下推动农业合作的总体思路，随后组织相关人员在《境外农业资源开发作发展规划《2013-2020》和＂一带一路＂战略规划的基础上，编制《农业对外合作战略规划2016-2020》，进一步明确农业对外投资的整体方向及分级步骤。与此同时，农业部还提出要坚定地以＂—带一路＂建设为抓手，从而加大对沿线国家的农业合作力度 ；采集了500家农业对外合作企业的数据，并加强数据分析，编制《中国对外合作农业报告》指导中国农业企业对外合作，为我国农业企业对外合作提供支持。

广东省是对外开放合作的先行者，对于发展农业跨国经营具有良好的先天基础，广东省重点将大型龙头企业培育成具有强竞争力的跨国公司，省政府也积极加强与各国农业经贸合作,通过双方农业部门签订合作备忘录、组团互访交流、举行农业对接会等方式,巩固与东盟国家的农业经贸合作关系,开拓欧美、非洲和太平洋岛国等新兴市场；海南省按照打造国家热带现代农业战略基地的定位，不断创新体制机制，先后出台了一系列扩大农业对外开放的，发展海南热带农业的政策措施，扩展了农业对外合作的广度和深度，同时与农业部签署《关于加强国际热带农业战略合作协议》，在海南建立国家热带农业对外合作交流基地、现代农业国际合作示范区、推进海南与亚洲非洲等国家的农业产业对接与合作；云南省下发《关于促进我省农业对外合作的实施意见》之后，又编制《云南农业走出去发展规划（2016-2025年）》，为云南云南农业走出去提供指导意见，扩大了对外合作的机制保障。

**3.2一带一路沿线国家对天然橡胶产业合作的需求**

农垦橡胶企业的主要合作地区集中在东南亚地区，其中主要合作的橡胶生产国家主要有泰国、马来西亚、印度尼西亚、越南、老挝、柬埔寨、缅甸、菲律宾等国家，根据橡胶生产国家发展时间的先后和合作的类型，将其划分为以泰国、印度尼西亚和马来西亚为主的老牌植胶国和以越南、老挝、柬埔寨为主的新兴植胶国进行分析，由于新加坡由于特殊的地缘因素，成为了众多橡胶企业的贸易枢纽，故将其单独分类研究。

以泰、马、印为主的老牌植胶国在天然橡胶产业方面发展较早，在天然橡胶病虫害防治、胶园管理等方面具有较大的优势，天然橡胶的竞争力较强，橡胶制品的竞争力也相对较强，产胶量位于世界前几名，产量占据了世界天然橡胶产量的80%左右，同时劳动力价格低廉、土地成本相对国内较低，具有较大的合作潜力，三个国家的产业发展趋势均是以由种植业为主到发展深加工业进行转变，推进国内橡胶工业化的发展，未来的橡胶产量可能会进行调整，三个国家对橡胶的出口力度控制较强，上述国家在天然橡胶贸易方面出口量较大，是我国主要的进口合作国家，在贸易方面具有较大的互补性，在投资方面鼓励投资商在农产品加工产业方面进行投资，来拉动当地的农业加工水平的提升，故此我们在与老牌植胶国合作的时候要考虑到对方的产业发展需求，可以采用通过入股或者直投的方式参与，到当地的橡胶种植业和加工业，重点发展当地的橡胶加工业，利用其相对廉价的劳动成本来降低国内的制品价格，来保障稳定的橡胶供给，满足该国的橡胶产业发展需求。

以越南、老挝、柬埔寨为主的新兴植胶国发展天然橡胶产业相对较晚，规模相对较小，但在近些年这些国家天然橡胶产业发展迅速，在种植面积和产量上有了明显的进步，也形成了一定的规模，也成为了东南亚天然橡胶新的增长点。 新兴植胶国产业体系不健全，目前大多以种植业为主，发展较为滞后，橡胶制造业处于起步阶段，在贸易方面主要是以出口到中国为主，出口量相对于老牌植胶国较小，而进口量除越南外其余国家相对较低，同样也具有较强的互补性，在投资方面，上述国家有大量土地闲置、农产品加工行业也相对落后，鼓励外国资本到当地进行农业种植和加工方面的投资，产业发展趋势是需要进行橡胶产业的结构调整，增加出口价值和改善价值链，鼓励外资入境投资橡胶种植行业，推动本地的加工制造业的发展。

新加坡由于特殊的地理条件，不生产天然橡胶，主要为亚太地区的天然橡胶提供贸易和信息服务，新加坡的贸易电子信息技术化程度较高，产业金融化水平处于世界前列，新加坡商品交易所是东南亚地区最大的天然橡胶期货交易中心，新加坡投资政策相对宽松，鼓励外国资本到当地进行国际贸易活动。农垦橡胶企业可以在新加坡设立贸易公司，运用其先进的金融信息服务体系，为企业提供优质的金融信息服务和跨国并购服务。

**3.3 三大农垦天然橡胶产业对外合作的主动作为**

要在实践的基础上归纳一般化的东西自从一带一路的倡议发起以来，在新的形势下，三大农垦天然橡胶产业也迎来了重大的发展机遇，积极对外参与到一带一路的建设中来，由最初的租地种植、单一发展种植业的合作模式逐渐转变为全产业链的合作模式，投资逐渐多元化，逐渐向产业链的中下游延伸，发展橡胶加工业和贸易业，同时在合作领域、合作方式均发生了较大的改变，。

广垦橡胶在2015年以前在东南亚主要采取了绿地投资的方式投资布局，主要投资在橡胶的种植和加工业，这种投资模式对于风险管理和主动权的把握较强，有助于循序渐进地培育自身的产业实力, 但其缺点也在于筹建周期较长、缺乏一定灵活性； 在一带一路的倡议下开始转变投资模式，重点打造全产业链模式，不断扩展完善产业链条，2016年广东农垦并购泰国泰华树胶集团，一跃成为全球最大的天然橡胶全产业链公司，形成了上下衔接、内外协同、优势互补、良性互动的产业格局。海南农垦在新的形势下对外合作呈现出了新的特点，对外合作逐渐多元化，也增强了互补性。

自2010年开始，海南农垦在新加坡设立全资子公司—新加坡发展有限公司, 2012年海南农垦参与收购了全球最大橡胶贸易公司之一的新加坡R1公司75%的股权,海南农垦橡胶的全球销售渠道，增强了对国际橡胶市场的把握和控制，2017年8月完成了对印度尼西亚最大的天然橡胶加工贸易企业KM公司45%股权以及新加坡ART橡胶贸易公司62.5%股权的收购，不仅仅极大地提高了海南农垦的在天然橡胶加工技术和生产管理方面的水平，还能进一步提升海南农垦在国际天然橡胶市场的地位和话语权，至2017年年底海南农垦全资、控股及参股的境外公司已有10多家，扩大了全球橡胶贸易网络,也弥补了前期投资的单一性。

云南农垦近年来利用国家和云南省的相关政策，同时结合了自身发展的相关经验，采取了多样化的“替代种植”模式，与当地企业、政府或者个人进行合作，建立独资企业或合资企业， 也加强在贸易方面的合作；云南农垦定制“十三五”发展计划，以云翔集团为主题，在现有基础上采取种植于并购相结合的方式，开发当地橡胶资源，2017年3月, 云南农垦并购云南云锰集团在老挝普卡的制胶厂, 迈出了海外并购第一步，同年又在新加坡设立贸易公司，为开展天然橡胶全球贸易打开了一个重要门户和通道，充分利用在2016年成立的青岛贸易公司和新加坡的国际区位优势，与东南亚橡胶主产国的橡胶生产企业建立贸易合作关系，通过贸易提高了境外橡胶资源经营能力。

**4相关对策建议**

**4.1建设国际大胶商，抱团经营**

天然橡胶产业对外合作要贯彻落实党的十九大精神、服务“一带一路”建设和外交大局，统筹利用国内国际两个市场两种资源，强化投资贸易协同，建立健全天然橡胶对外合作公共服务和政策支持体系，构建全方位、多层次、宽领域的农业对外开放新格局，不断提高我国天然橡胶国际竞争力和全球影响力。以三大农垦企业代表的天然橡胶企业都在积极地实施走出去战略，虽然在走出去的过程中投资的规模、区域、方式和领域等方面有所差异，但是在这些方面又存在着相似性和互通性。因此，走出去的橡胶企业在海外市场上及存在着竞争关系，又存在着合作与联动发展的可能。农垦橡胶企业在走出去的过程中要避免出现企业之间恶性竞争的现象，应该同心同向，密切协作，相互支持，较好完成各项目标任务。当前，国内外形势和农业发展的内外环境都发生深刻变化，必须认清形势，抢抓机遇，主动作为，三大农垦应该优势互补、优化各自资源进行整合，联动发展、合力推进，鼓励组建多家天然橡胶企业共同出资的对外合作基金，甚至出资共同组建对外投资公司，重点培育具有国际竞争力的跨国大胶商，作为企业对外投资的统一平台，通过组团的方式发挥各自的优势、弥补不足，提高中国天然橡胶企业的国际竞争力和话语权。

**4.2优化区域与全产业链布局**

应该尽快出天然橡胶产业对外合作的总体规划，合理制定橡胶企业走出去的总体战略部署和指导政策，优化区域布局，按照不同的国家、不同地区、不同类别定制不同的合作策略，明确重点投资的区域和目标，细化相应的支持手段和发展目标，建立相关的保障机制和支持措施；同时进行全产业链的布局，根据自身实力开展多元化的合作，通过全产业链的构建，完善企业发展的合理性，在此基础上做好风险评估、指导企业规避风险，加强境外天然橡胶产业规划的科学研究、合理布局，以产业基金、项目资助或者规划调控等方式，优化天然橡胶企业对外投资的区域分布和产业结构布局，全方位的帮助天然橡胶产业走出去，从而直接间接的保障国内的橡胶产业安全。

**4.3社会责任**

天然橡胶产业的合作不应该仅仅止步于天然橡胶这一单一的产业层次，应该以天然橡胶为切入点，展开周围与之相关的合作以及帮扶。例如云南农垦在在老挝开展天然橡胶合作时，不仅仅在当地开办加工厂和种植基地，同时为当地的基础设施建设作出了大量的贡献，解决了当地用电困难、交通不便的问题，同时投资成立小学，发展当地教育事业。农垦橡胶企业在走出去的过程中应当注意多方面的发展，积极履行企业的社会责任，坚持有收益适当回馈当地社会的原则，加强对当地居民的友好交流营造良好的合作氛围，充分了解当地的文化习俗、相关法律和文化差异等问题，保障当地劳工的合法权益，避免因为政治或者其他因素所带来的冲击，实现社会效益与经济效益的有机结合，营造出我国与东南亚各国天然橡胶产业合作双赢的局面，树立我国企业的良好形象，增强企业在当地的影响力。

**4.4国家支持**

天然橡胶走出去不仅仅是企业的行为，更是国家战略意志的体现，我国应该加大对天然橡胶的支持力度，加强与相关国家在经济、外交、文化等方面的沟通，建立稳定融洽的外交关系，在大的层面上营造良好的环境，保证我国橡胶企业在国外进行产业合作的稳定性和持续性，在橡胶企业走出去的过程中遇到自身我发解决的问题时，政府应该及时出面，为橡胶企业发声，保证我国橡胶企业的合法利益。

加大对天然橡胶产业的财政支持，在天然橡胶返销国内的时候，我国应该适当的免除关税或者减少关税，亦或者采用“先收后退”的方式进行支持，不仅可以降低我国橡胶企业的成本、提高我国橡胶企业的竞争力，也为天然橡胶走出去提供了信心支持，增强了橡胶企业的积极性；同时可以增加对于相关的跨国橡胶企业进行财政补贴，减免利率，拓宽橡胶企业的融资渠道，解决企业发展的资金需求，减少项目的审批手续，提高审批的效率，适当放松外汇管制，落实融资便利以及公共财政支持措施，这样才能增加境外橡胶企业投资经营的自主性，保证橡胶企业在走出去的过程中没有后顾之忧；

建立健全风险防范措施，可以完善国内的天然橡胶期货市场，建立自己的定价中心，可以利用期货市场来调节，这样才能规避风险；加强农业对外合作的信息平台建设，重点关注与我国农业有密切合作关系的相关国家，建立相关的信息发布制度，为农业企业走出去提供信息支撑，减少海外农业企业经营的风险和不确定性。

**参考文献**

[1]张德生，傅国华.中国三大农垦企业天然橡胶种植加工走出去战略及其与东盟国家合作[J].经济问题探索.2009.06.78

[2]布仁门德.中国天然橡胶产业国际合作中的区域选择及建议[J].世界农业 2016,(08),204-208 DOI:10.13856/j.cn11-1097/s.2016.08.036

[3]傅国华.中国天然橡胶空间产业链研究[M].北京：经济科学出版社，2016

[4]卓创资讯.“一带一路”下的我国天然橡胶产业链[J].世界热带农业信息.2017,Z2,40-41

[5]徐瑞瑞.一带一路背景下我国农业企业走出去研究[D].安徽大学.2017：20

[6]姚元园.东南亚天然橡胶产业合作研究[D].厦门大学.2014.6.30

[7]杨福云.我国天然橡胶企业跨境并购的实践、启示和建议[J].中国农垦.2018,02,43-45

[8]吴家政，莫琳.云南农垦天然橡胶走出去发展探索[J].广东农工商职业技术学院学报.2016.50.7

# 红江橙脱毒种苗的培育技术与规模化生产技术体系建设

刘建荣1，姚雷业1，揭进1，庞生1，文尚华2，

赵丽宏1，张曼其1，刘伟清1，廖积贤1，胡小忠1

（1广东省湛江农垦科学研究所，广东 湛江 524086；2广东省湛江农垦局，广东 湛江 524022）

**摘 要** 文章总结了红江橙的株系选育、脱毒、原种圃建立、采穗圃建立、育苗圃建立和病毒检测等环节的研究技术，以及开展规模生产技术体系建设的探索和实践，探讨出全套脱毒种苗培育技术和建成年规模50万株以上的红江橙脱毒种苗生产基地，为我国红江橙产业发展提供优质脱毒种苗的技术支撑。

**关键词** 红江橙 脱毒种苗 培育 规模化 技术体系 建设

红江橙是湛江农垦的特色和名优产品，其特点是果大形好，皮薄光滑，果肉橙红，肉质柔嫩，多汁化渣，甜酸适中，风味独特，是我国的名牌农产品，在国内被誉为“人间仙桃”、“国宴佳果”，在国外则被冠为“中国橙王”，在国内外橙业以其独特的外观和品质具有较强的竞争力。但是，红江橙黄龙病不断发生与传播，造成红江橙植株大面积死亡，严重制约了红江橙产业的发展。据调查，2017年红江农场红江橙疑似黄龙病发生率平均达到33%，实际感染黄龙病平均达到26%，可见其危害极大。

柑桔黄龙病(Huanglongbing ,HLB）是一种毁灭性的病毒病，传播蔓延迅速，且现有的柑桔栽培品种都能感病。病菌主要通过带病苗木、带病接穗及虫媒-木虱进行传播，目前对染病树体还没有合适的药物能够治疗，只能采取挖除焚烧的措施解决[1]。推广应用无毒健康红江橙种苗，是从根源上防治黄龙病一条重要途径。

2002年起，广东省湛江农垦科学研究所（以下简称科研所）根据国家农业行业标准，通过热处理+茎尖微嫁接技术+PCR检测技术，建立良种红江橙脱毒原种圃与采穗圃，再选育经温热法脱毒处理的江西红桔种子作砧木，嫁接培育脱毒红江橙良种种苗推广种植[2]，探讨出全套红江橙脱毒种苗的培育技术，并逐步开展规模化生产技术体系建设工作，取得了良好成效。

**1 红江橙脱毒种苗的培育技术**

**1.1脱毒原种培育和建立原种圃**

选择园艺性状优良的品种单株作为母树，对母株带毒状况进行鉴定，通过热处理+茎尖微嫁接技术培育脱毒（不带黄龙病、衰退病、裂皮病和碎叶病）原种，用PCR检测技术进行再鉴定。同时，建设钢管结构、门口设有缓冲区、用40目防虫网密闭的大棚，将脱毒种苗种植在棚内，建立原种圃。种植前要先对棚内土壤或基质进行彻底消毒，植后加强管理，并定期对红江橙脱毒原种进行检测[2]。

**1.2建立采穗圃**

采穗圃同样要建立与原种圃一样的大棚，棚面积大小据育苗规模而定，可按每株母树每年提供300个芽来推算。母树要按品种（品系）株系分开定植，定植密度为 1～1.5×1米。管理措施以促进营养生长为主，目的在于培养较多的充实健壮接穗，植后第 2 年开始采集接穗，可连续使用 3 年（限期）[3]。采穗圃的母株苗是采用以脱毒红桔种子苗为砧木、脱毒原种的枝条为接穗，经嫁接培育和检测不带病毒的种苗。母株苗种植前，同样要先对棚内土壤或基质进行彻底消毒，再种植，植后做好管理、维护和定期检测工作。

培育优质芽条是提高嫁接成活率的关键。要根据嫁接期来确定母树放梢时间，要求秋芽用于次年春接，夏芽用于秋冬接。春芽一般从抽芽到转绿老熟要40天，夏芽要35天，秋芽要50天。

**1.3建立脱毒育苗圃**

1.3.1培育砧木苗

1.3.1.1苗床准备

采用无污染心土（表土层30厘米以下），与干净河沙配比为6：4，充分混合，经0.5厘米的筛孔过筛，再将过筛土堆成30～35厘米高的土堆，用黑色聚光地膜盖好，进行密封2～3个月自然消毒。播种前亩施优质生物有机肥400～600公斤、磷肥100公斤，深翻土地，平整作畦，按畦面高0.3米、宽0.9～1.1米、长15～20米整理成苗床，淋0.1%KMnO4液消毒[4]。

1.3.1.2选种

采自无病果园或经病毒检测确认无病毒的新鲜、饱满、一致的江西红桔种子作砧木种子。

1.3.1.3种子处理

种子用纱网装好，用50～52℃热水预热5～6分钟，再置于55～56℃ 恒温水中浸50分钟，然后将种子取出沥干水，再浸入0.1% KMnO4 液10分钟，取出凉干后播种[2] [4]。

1.3.1.4播种时间

播种时间一般选择春季播种，种子易发芽。一般于1～2月播种，4～6月移苗，10～12月可达到砧木粗0.5～0.8cm嫁接要求[3]。

1.3.1.5 播种方式

播种方式有地床式和穴盘式两种。

地床式：播种方法可条播或撒播，将种子均匀播在整好的畦面，下种量控制在11公斤/亩（约可培育6.5万株苗）。播后在畦面上，覆盖一层薄泥，刚盖过种子即可，再盖上一层发酵过的蔗渣保湿。之后淋透1500倍多菌灵液，用小型拱棚和薄膜覆盖，保湿催芽，再视天气情况揭膜透气和酌情淋水。

穴盘式：采用穴深7厘米、50孔的穴盘，提前装好基质，一个穴播种一粒种子，播后用基质覆盖好种子，摆放到温室大棚中，淋透1500倍多菌灵液，之后保持基质湿润。基质采用泥炭土4：椰糠1的比例配制而成。穴盘式的优点主要是较地床式出苗快8～15天、出苗率高31%，育苗时间缩短0.5～1.5个月，且栽后没有恢复期（地床式恢复期7～10天），光照、温湿度等培养条件容易控制，病虫害不宜发生。

1.3.1.6播种后管理

播种后每天观测土壤湿度和温度，视情况适当淋水，及时除草。注意防治猝倒病，措施有：控制好苗床温度，防止高温高湿；用甲霜灵1000倍和代森锰锌1000倍每隔15天轮换喷施；合理施肥，当苗高5厘米时，及时追肥，宜淋施2～3％复合肥溶液，不偏施N肥。砧木苗一般生长2～3个月，高度达 15厘米、抽叶5～8片时可移栽。砧木幼苗出圃前，要充分浇水，分级出圃，蘸泥浆待栽[3]。

1.3.1.6移栽及管理

移栽时，将砧木苗拨起，按大小分级，剔除劣、弱病苗，再移植到嫁接苗圃苗床或上袋。移栽苗床或袋苗都必须搭建网室防虫。

移栽采用的营养土一般要提前1～3个月配制，浇透发酵。营养土宜采用无污染心土，每立方米营养土混入优质有机肥10公斤、过磷酸钙5公斤。之后按长10～15米、宽1 米、深30厘米的规格整理成苗床，或将营养土装入直径8厘米、高25厘米规格的育苗袋中，摆放到网室中，摆放株距以2～3袋为宜，以利于嫁接操作、病虫防治和培育壮苗。移栽前3～6天充分浇水，让营养土吸足水分。苗床移栽按10×25厘米规格移植，袋苗移栽则将苗直接栽入泥袋中，一袋种植一株。移植时苗根要与土充分接触，主根不能弯曲，过长根可适当短截。栽后立即淋定根水，及时扶正浇水时被水冲斜的幼苗[5]。栽后及时查苗补缺、除草，剪除侧枝。抽叶后每隔10～15天追施芬兰复合肥一次（5～7粒复合肥/株）。注意防治潜叶蛾、弄蝶、红蜘蛛，炭疽病和根腐病。在每梢抽出1～2厘米时，喷施克蛾宝、氯氰菊酯、克螨特、百菌清、甲霜灵等药剂防治。经5～6个月培育，苗木主干粗达0.4～0.7厘米、苗高30～40厘米时，便可嫁接。

1.3.2嫁接与管理

1.3.2.1接穗的采集与处理

从无病毒采穗圃采集，选取充实、健壮枝条剪下，摘去叶片，按株系分扎成捆，用湿布包好，并登记母本树株系名称（编号）和采集时间。嫁接前，选用的接穗用1000 倍盐酸四环素液浸泡2小时，取出后用清水浸泡待用[6]。

1.3.2.2 嫁接与管理

嫁接宜于当年10月至翌年2月进行。嫁接方法采用小芽腹接法，在离地面10～15厘米处剪砧，在剪砧口下3～5厘米处开接口，然后用嫁接刀从上向下切开皮层，长约1厘米左右，切口要求平直，有利于使芽片贴合。之后取芽片嵌入砧口，一芽片贴合一砧口，贴合后检查无误就可用薄膜包扎，包扎时薄膜斜线紧贴砧木基部。

接后及时除草和除砧木萌蘖，检查成活和及时补接。注意喷药防病虫害，重点防治溃疡病、碎叶病、衰退病，尤其注意雨季出嫩叶时防溃疡病；虫害重点防治潜叶蛾、红蜘蛛、介壳虫、蚜虫等。可在每次抽新梢时，用克蛾宝15毫升+螨危15毫升+氯氰菊酯20毫升+百菌清30克兑水30斤喷施，5～7天1次，连喷3～4次。嫁接后30～40 天，在新梢大部分长至8～12厘米并慢慢转绿时，进行解绑，追施2～3%芬兰复合肥，以后每隔20～30天追肥一次。嫁接后60～90天，苗木抽梢2～3蓬叶并稳定，苗高40～50 厘米时，可出圃提供大田种植。

出圃前进行各株系嫁接苗的病毒抽检，如检测有病毒的，马上消毁该株系的全部嫁接苗，不带毒的嫁接苗才可出圃。抽检方法：在红江橙嫁接苗生长1～2蓬叶并稳定时，分嫁接批次抽取叶片样，进行PCR检测。出圃时，先把苗床浇透水,再起苗,短途运输可带土运苗，长途运输则抖落营养土，再打泥浆，每50或100株为一捆，挂牌包装运输。并登记苗木去向，便于跟踪调查。

**1.4.红江橙脱毒种苗的病毒监测技术**

从原种圃、采穗圃的建立到育苗圃育苗，再到大田种植管理都要进行病毒防治与监测。一般原种圃、采穗圃母株每年检测2次，育苗圃种苗在每批出圃前抽检1次，大田苗建立监测点和每年抽检1～2次，及时监控和防止黄龙病的发生。检测程序为：采集红江橙的叶片→提取叶片的DNA→PCR扩增→凝胶电泳→通过凝胶成像系统观察实验结果，并拍照保存。

1.4.1样本采集

一般抽取样本叶片检测，专样检测对目标样本取样，抽样检测则对目标样抽样，抽取样点的多少视土地面积大小而定，一般一亩取5个点，大于1亩小于3亩取7个点，面积再大取样点数也随之增加。取样点位的确定可用“S型法”，即在S型上均匀布点。对具体每株树的取样，可在东南西北四个方向各取1～3片叶。取样时，用剪刀剪取叶片（每取一个样用70%酒精消毒剪刀一次），放入干净的封口袋，一个样放一个袋，标上编号、日期、地点、品种和特征等内容。同时，所采集的样本株挂牌和拍照。

1.4.2 提取DNA（CTAB）

采少量样本叶片，加入液氮迅速研磨成粉，转入2ml的离心管中，加入600μL经65℃预热的2%的CTAB缓冲液，65℃水浴45 min，期间不时摇匀；加入600μL氯仿异戊醇混匀，放置10 min，12000r/min离心10 min，取上清液置于新的1.5ml的离心管中；加入等体积的氯仿异戊醇混匀，2000r/min离心10 min，取上清液置于新的1.5ml的离心管中，加入1/10体积3mol/LNaAC（PH5.2）和2倍体积的无水乙醇，混匀后置于-20℃冰箱中30 min以上；4℃，12000r/min离心10 min，弃上清；沉淀分别用冷的70%乙醇和冷无水乙醇各洗一次，室温风干，溶于50μL双蒸水中，-20℃保存。

1.4.3 PCR扩增

Nested-PCR引物根据柑橘黄龙病病原亚洲株系16SrDNA设计。

外侧引物（535bp）

P2-1：5 TGAATTCTTCGAGGTTGGTGAGC 3

P2-2：5 AGAATTCGACTTAATCCCCACCT 3

内侧引物（400bp）：

P3-1：5 GCGTTCATGTAGAAGTTGTG 3

P3-2：5 CCTACAGGTGGCTGACTCAT 3

PCR扩增程序：95℃预变性5 min；94℃变性40S，55℃退火40S，72℃延伸1 min，35个循环；72℃延伸5min。

1.4.4 凝胶电泳及结果判读

制备2%琼脂糖凝胶（大胶用60ml，小胶用40ml）：称取1.2 g（0.8 g）琼脂糖置于三角瓶中，加入60 ml（40ml）1×TAE，微波炉加热煮沸3次至琼脂糖全部融化，摇匀，然后加入3ul的goldview I型核酸染料，即成2%琼脂糖凝胶液。

胶板制备：将电泳槽内的有机玻璃内槽（制胶槽）洗干净，晾干，放入制胶玻璃板，将内槽置于水平位置,并在固定位置放好梳子，将冷却到65℃左右的琼脂糖凝胶液混匀小心地倒入内槽玻璃板上，使胶液缓慢展开，直到整个玻璃板表面形成均匀胶层，室温下静置直至凝胶完全凝固，垂直轻拔梳子，将凝胶及制胶玻璃板一起放入电泳槽中，添加 1×TAE电泳缓冲液至没过胶板为止。

加样：在点样板上加入DNA样品或PCR产物的样品，用10 ul的移液器分别将样品加入胶板的样品小槽内，每加完一个样品，应更换一个加样头，以防污染，加样时勿碰坏样品孔周围的凝胶面。（注意：加样前要先记下加样的顺序）。

电泳：加样后的凝胶板立即通电进行电泳，电压60-100V，样品由负极（黑色）向正极（红色）方向移动，电压升高，琼脂糖凝胶的有效分离范围降低，当溴酚蓝移动到距离胶板下沿约1cm处时，停止电泳。

观察照相：电泳完毕后，取出凝胶，在紫外灯下观察，采用凝胶成像系统拍照保存。

结果判读：根据PCR扩增产物有无DNA特异扩增条带（即目的片段为400bp），来判断检测的样本里是否含有黄龙病（HLB）的病原菌。PCR为阳性的，说明样本里含有HLB的病原菌；PCR为阴性的，说明样本里没有检测出HLB的病原菌。

**2 红江橙脱毒种苗规模化生产技术体系建设**

**2.1** **红江橙脱毒种苗繁育技术探索阶段（2002年—2013年）**

2002年，广东省湛江农垦局、科研所和红江农场的有关科技人员，从红江农场鉴选圃中选出红江橙优良株系材料一批，经过热处理脱毒，然后委托中国农科院柑桔研究所进行病毒检测，获得不携带黄龙病病原菌的新枝系种质材料18个。同时，从红江农场吴家武职工的果园中，通过芽变获得一些红江橙无核(少核)选系,有的经过几代高接仍表现为无核(少核)，经过鉴选并获得红江橙优良少籽株系“K东2”、“A东2”、“E西2”等[7]，于2004年选送了少籽红江橙特优株系2个（“A东2”和“K东2”）到中国农科院柑桔研究所，采取热处理和茎尖微嫁接相结合法进行脱毒培育种苗，于2007年委托中国农科院柑桔所成功培育出完全脱毒的茎尖微嫁接种苗，获得不带黄龙病病原及不带衰退病、裂皮病和碎叶病等病毒的2个株系种苗共20株，并分两地保存，其中运回科研所15株（“A东2号”9株、“K东2 号”6株），保存在中国农科院柑桔所5株。科研所利用上述脱毒种苗在该所高阳试验基地建立原种圃，再利用原种圃芽条，经过热处理脱毒，嫁接到脱毒砧木上育成脱毒苗，建立采穗圃5亩。原种圃和采穗圃都远离育苗区、大田种植区，采用坚固的网室隔离木虱等昆虫，配套灌溉设施。

同时，科研所开展红江橙脱毒种苗的培育技术研究工作，建设脱毒育种圃育苗和种植试验，探索脱毒育苗的全套技术。研究工作获得到省部市的财政项目支持，先后获得“红江橙提纯复壮与繁育推广”、“红江橙新株系选育与配套栽培技术研究”、“红江橙脱毒种苗繁育基地的建设”等项目资金支持。2004年，建立了育苗圃25亩，育江西红桔砧木苗60万株，2005年育成达嫁接标准的砧木苗20多万株，并嫁接脱毒红江橙苗19.25万株，成活15.75万株，平均成活率达81.8%，为建立红江橙示范区提供脱毒种苗1.62万株。其中，2004年供给丰收公司0.7万株（建立100亩新株系示范区），同年供给海南农垦示范种植0.2万株，2007年供给红江农场0.72万株；2010年，培育1.2万株，供给丰收公司0.6万株；2011年培育0.1万株，供给丰收公司试验示范种植0.3万株（50亩）；2012年培育1.2万株，供给红江农场试验示范种植0.5万株（80亩）；2013年培育1万株，供给红江农场0.51万株。

**2.2 红江橙脱毒种苗规模化生产技术体系建设阶段（2014年—2018年）**

2014年，科研所开始批量生产红江橙脱毒种苗。2016年新增建立1个采穗圃，种植母树710株（其中少核390株、多核320株），建立了育种圃35亩。2014年—2017年，培育砧木苗60万株，脱毒嫁接苗35.6万株，成活30.27万株，平均成活率85%。在黄龙病检测技术体系建设上，科研所从2012年开始筹建，至2014年建成并独立开展工作，至2017年共检测原种圃、采穗圃母树和育种圃种苗3351个样，检测湛江农垦农场种植的大田红江橙树247个样，为红江橙脱毒种苗繁育技术体系建设起到了很好的监控作用。

经过15年的努力，科研所与中国农科院柑桔研究所合作成功脱除和隔离保护了一批红江橙优良种质，建立了全套红江橙脱毒种苗繁育技术体系，并建立年规模50万株以上的生产技术体系。这为源头上防治红江橙黄龙病的发生，实现红江橙特色产业的壮大提供了优质种苗和技术保证。

截止2018年8月，科研所累计出圃（销售）红江橙脱毒种苗32.12万株，主要供给湛江农垦的红江农场、广垦（湛江）红江橙农业科技有限公司、丰收糖业公司等单位和广西、海南、广东的廉江等地示范、推广种植，供应垦区内外种植0.5万亩以上（详见表1），有力地推动了红江橙产业的发展。其培育技术也日趋成熟，种苗得到国内市场充分认可，尤其2016年以来，红江橙脱毒种苗销量很大，种苗供不应求。

表1 科研所红江橙脱毒种苗累计出圃情况

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 年度 | 品种 | 出圃合计（万株） | 其中 | | | | | |
| 红江农场 | 红江橙农业公司 | 丰收糖业公司 | 廉江地方 | 广西 | 海南 |
| 2004 | 普通种 | 0.1 |  |  | 0.1 |  |  |  |
| 少籽种 | 0.8 |  |  | 0.6 |  |  | 0.2 |
| 小计 | 0.9 |  |  | 0.7 |  |  | 0.2 |
| 2007 | 普通种 |  |  |  |  |  |  |  |
| 少籽种 | 0.72 | 0.72 |  |  |  |  |  |
| 小计 | 0.72 | 0.72 |  |  |  |  |  |
| 2010 | 普通种 |  |  |  |  |  |  |  |
| 少籽种 | 0.6 |  |  | 0.6 |  |  |  |
| 小计 | 0.6 |  |  | 0.6 |  |  |  |
| 2011 | 普通种 |  |  |  |  |  |  |  |
| 少籽种 | 0.46 |  |  | 0.46 |  |  |  |
| 小计 | 0.46 |  |  | 0.46 |  |  |  |
| 2012 | 普通种 |  |  |  |  |  |  |  |
| 少籽种 | 0.46 | 0.46 |  |  |  |  |  |
| 小计 | 0.46 | 0.46 |  |  |  |  |  |
| 2013 | 普通种 |  |  |  |  |  |  |  |
| 少籽种 | 0.51 | 0.51 |  |  |  |  |  |
| 小计 | 0.51 | 0.51 |  |  |  |  |  |
| 2014 | 普通种 | 2.08 | 2.08 |  |  |  |  |  |
| 少籽种 |  |  |  |  |  |  |  |
| 小计 | 2.08 | 2.08 |  |  |  |  |  |
| 2015 | 普通种 | 4.64 | 3.64 | 1 |  |  |  |  |
| 少籽种 |  |  |  |  |  |  |  |
| 小计 | 4.64 | 3.64 | 1 |  |  |  |  |
| 2016 | 普通种 | 2.32 | 1.32 |  |  |  |  | 1 |
| 少籽种 |  |  |  |  |  |  |  |
| 小计 | 2.32 | 1.32 |  |  |  |  | 1 |
| 2017 | 普通种 | 4.6 | 1.95 |  |  | 1.65 | 1 |  |
| 少籽种 | 3.27 | 1.57 | 1.7 |  |  |  |  |
| 小计 | 7.87 | 3.52 | 1.7 |  | 1.65 | 1 |  |
| 2018 | 普通种 | 6.96 | 4.73 | 0.02 |  |  | 2.21 |  |
| 少籽种 | 3.6 | 2.66 | 0.62 |  |  | 0.32 |  |
| 小计 | 10.56 | 7.39 | 0.64 |  |  | 2.53 |  |
| 合计 | 普通种 | 20.7 | 13.72 | 1.02 | 0.1 | 1.65 | 3.21 | 1 |
| 少籽种 | 10.42 | 5.92 | 2.32 | 1.66 |  | 0.32 | 0.2 |
| 合计 | 31.12 | 19.64 | 3.34 | 1.76 | 1.65 | 3.53 | 1.2 |

**3 讨论**

红江橙脱毒种苗从砧木播种到苗木出圃一般需要12～14个月时间，而在气温较高的巴西圣保罗州，柑桔脱毒种苗培育从砧木播种到苗木出圃一般只需11个月，即播种后3个月移砧，再3个月后嫁接，嫁接后3个月摘心[8]。如何创新和进一步提高育苗技术，来缩短育苗时间，加快育苗进程，从而更好更快地为红江橙产业的持续、健康发展提供优质种苗，有待下一步研究。

红江橙脱毒种苗的嫁接时间相对集中在10月至次年2月，经常会出现集中嫁接期与采穗期不对应，或接穗供应不足的矛盾, 为了解决这个问题，需要开展接穗冷藏技术研究。

为了缩短红江橙非生产期和减少病源，实现有效投产期的延长，大幅度提高红江橙产业的整体效益，建议加大力度引进试验示范的和推广中国农科院柑桔脱毒大苗繁育应用技术及经验。

**参考文献**

[1] 何源委，伍兴甲，何懿平柑桔黄龙病及其控防对策[J].湖南农业科学，2015（1）

[2] 王玉英，高新一.植物组织培养技术手册[M].北京：金盾出版社，2006

[3] 朱彪,李妍程,杨良民.柑桔工厂化无病毒容器育苗技术规程[J].现代园艺，2012（8）

[4] 庞生，李强有，张曼其.江西红桔砧木春播与红江橙嫁接育苗技术[J]. 现代农业科技 2016 (12)

[5] 李太盛，周常勇，陈洪明.苗床柑桔脱毒苗的培育技术研究[J].中国南方果树，2010（3）

[6] 钟海强.柑桔黄龙病传播源与防治方法[J].现代园艺,2016（6）

[7] 张青闪，何永睿，文尚华，陈善春，鲁玉洋.红江橙无核(少核)选系的细胞遗传学初步研究[J].西南农业大学学报（自然科学版）,2016（6）

[8] 周宏光，张德才，毛祖法，胡强，邱春娇.巴西柑桔考察报告[J].中国南方果树，2003（5）

**作者简介：**刘建荣（1971－），男，本科，高级农艺师，从事南亚热作种苗培育与推广工作，电话：0759－2842328，13828288406，**E－mail:** [zjnkkys@163.com](mailto:zjnkkys@163.com)。

# 优良抗黑穗病甘蔗高代新品系筛选试验

田夏红1，刘建荣1，郑乾坤1，沈万宽2，揭进1，

赵丽宏1，张曼其，刘伟清，陈健文2，廖积贤1，庞生1，陈培寿2

（1.广东省湛江农垦科学研究所，广东湛江 524086；2.华南农业大学甘蔗研究室/华南农业大学农学院/广东省甘蔗抗性改良科技创新中心/农业部华南作物栽培科学实验站，广东广州 510642）

**摘 要** 本文通过对18个甘蔗高代品系农艺性状、产量性状、品质性状和抗性指标数据进行对比分析，初步筛选出13258、13186、华农3、13312、1523、华农2共6个综合性状表现较好、高糖高产抗性较好、具有一定推广和应用价值的的优良甘蔗品系，为下一步示范推广和应用提供科学依据。

**关键词** 甘蔗；品系；选育；蔗糖分

甘蔗是重要的糖料作物，我国及广东省甘蔗95%种植于旱坡地，甘蔗病害发生严重，尤其是甘蔗黑穗病。目前种植面积最大的当家品种仍以ROC22为主，而该品种易感黑穗病，因而制约了我国甘蔗产业可持续发展的重要瓶颈。培育优良抗旱抗病甘蔗新品种，是解决我国及我省蔗区干旱和病害等主要瓶颈问题的关键措施。2013、2015年由华南农业大学农学院通过杂交育种技术获得一批抗旱抗黑穗病的甘蔗新品系，性状表现稳定，2016年与广东省湛江农垦科学研究所合作，进一步筛选适合湛江地区气候地理条件的高产高糖抗旱抗病的优良甘蔗高代品系。本文选取其中表现较好的18份品系，对其农艺性状、产量性状、品质性状和抗性进行了分析，初步筛选一些综合性状表现较好，具有一定推广和应用价值的甘蔗品系，为下一步示范推广和育种提供科学依据。

1. **材料与方法**

**1.1 参试材料**

18个甘蔗杂交高代品系（从华南农业大学甘蔗研究室自育种材料中筛选出），分别是13186、13258、13297、13312、1523、1580、1596、15101、15102、15118、15127、15182、15184、15186、15D、华农1、华农2和华农3。

**1.2 试验方法**

试验地点在湛江市麻章区志满湛江农垦科学研究所和湛江市遂溪县国家现代农业核心区两个点，2016年第一年新植和2017年宿根在志满种植，2017年新植在核心区种植，种植规格：行长3-9米，行宽1米，下种前用5%多菌灵1000倍液浸种消毒12小时，下种量每亩2300个双芽段，施肥及田间管理同当地耕作习惯。

**1.3 调查项目**

苗期调查出苗率、宿根发株率、分蘖率、枯心率，拔节后开始每月调查株高，在甘蔗收获时调查有效茎、茎径、单茎重、小区蔗茎产量、锤度、糖分、发病率等。

**2 结果与分析**

**2.1 农艺性状及产量表现**

2.1.1 出苗率 从表1可以看出，18个甘蔗高代新品系平均出苗率在41.5-72.77%之间，有16个品系出苗率高于50%，2个品系低于50%。其中13258出苗率最高，为72.77%，1523出苗率最低，为41.53%。

2.1.2 发株率 从表1可以看出，平均宿根发株率在22.22-188.24%之间，有16个品系发株率≥50%，2个品系低于50%。其中15D宿根发株率最高，为188.24%，其次是1523发株率为188.1%，13297的发株率最低，仅为22.22%。

2.1.3 分蘖率 从表1可以看出，平均分蘖率在108.84-298.55%之间，其中13312分蘖率最高，为198.55%，其次是1523、15127、1596等，分蘖率分别为243.06%、218.48%、217.08%，13258分蘖率最低，为108.84%。

2.1.4 株高 从表1可以看出，平均株高在250.9-291.2cm之间，其中15102株高最高，为291.2cm，15182株高最矮，为150.9cm，两者相差40.3cm。

2.1.5生长速度 从表2可以看出，18个甘蔗品系7-8月份的平均生长速度为128.5cm，其次是8-9月份，平均生长速度为44.6cm，9-11月份的生长速度最低，平均月生长速度为14.9cm。但是个别品系的生长规律有所不同，其中15118和15184的生长速度8-9月份最高，生长速度分别为62.17cm和46.83cm，15127在7-8月和8-9月的生长速度差不多，分别为51.33cm、51.50cm。

2.1.6 茎径 从表1可以看出，平均茎径在2.4-4.2cm之间，其中13186茎径最大，为4.2cm，其次是华农3、华农2，分别为4.0cm、3.5cm。1580茎径最小，为2.4cm。

2.1.7 有效茎 从表1可以看出，亩有效茎在2557-8152条之间，其中华农3的亩有效茎最多，为8152条，其次是13186，亩有效茎为7819条。15182的亩有效茎最少，为2557条。

2.1.8 单茎重 从表1可以看出，单茎重在1.12-2.33kg之间，其中13297单茎重最大，为2.33，其次是13312，单茎重为2.31kg。15D单茎重最小，为1.12kg。

2.1.9 理论亩产 从表1可以看出，理论亩产变幅在4824-12880kg之间，其中华农3的理论亩产最高为12880kg，其次是13186、15101、华农2、华农1，理论亩产分别为12255kg、11790kg、11170kg、10850kg。13297的理论亩产最低为4824kg。

2.1.10 实际亩产 从表1可以看出，实际亩产变幅在2349-10822kg之间，其中13186实际亩产最高为10822kg，其次是华农3、15101、15102，实际亩产分别为9360kg、8890kg、8283kg，13297实际亩产最低，为2349kg。

表1 2016-2018年甘蔗品系的农艺性状及产量表现

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 品系 | 出苗率/% | 发株率/% | 分蘖率/% | 平均株高/cm | 茎径/cm | 亩有效茎/条 | 单茎重/kg | 蔗茎理论亩产/kg | 蔗茎实际亩产/kg |
| 1 | 13186 | 65.42 | 115.00 | 191.96 | 258.5 | 4.2 | 7819 | 1.56 | 12255 | 10822 |
| 2 | 13258 | 72.77 | 45.00 | 108.84 | 265.0 | 3.1 | 3521 | 2.18 | 8079 | 4760 |
| 3 | 13297 | 67.22 | 22.22 | 132.10 | 275.6 | 2.8 | 4373 | 2.33 | 4824 | 2349 |
| 4 | 13312 | 52.23 | 151.72 | 298.55 | 272.5 | 3.1 | 3595 | 2.31 | 9409 | 6164 |
| 5 | 1523 | 41.53 | 188.10 | 243.06 | 273.8 | 2.8 | 4817 | 1.43 | 7754 | 6124 |
| 6 | 1580 | 66.41 | 66.67 | 179.95 | 275.7 | 2.4 | 6373 | 1.16 | 8338 | 7117 |
| 7 | 1596 | 65.67 | 50.00 | 217.08 | 265.4 | 2.7 | 3409 | 2.29 | 7455 | 5416 |
| 8 | 15101 | 67.78 | 78.33 | 137.51 | 257.9 | 2.8 | 4484 | 2.09 | 11790 | 8890 |
| 9 | 15102 | 67.40 | 68.33 | 163.06 | 291.2 | 2.6 | 4669 | 2.12 | 9875 | 8283 |
| 10 | 15118 | 65.73 | 70.00 | 188.04 | 255.8 | 3.2 | 6151 | 1.45 | 7521 | 5605 |
| 11 | 15127 | 61.31 | 55.00 | 218.48 | 276.5 | 3.0 | 6966 | 1.89 | 7435 | 4733 |
| 12 | 15182 | 48.81 | 74.36 | 147.20 | 250.9 | 3.0 | 2557 | 1.46 | 6817 | 3989 |
| 13 | 15184 | 63.44 | 71.93 | 160.09 | 262.7 | 2.6 | 7115 | 1.55 | 9305 | 7026 |
| 14 | 15186 | 58.59 | 107.89 | 148.95 | 287.5 | 3.0 | 3335 | 2.01 | 8936 | 5732 |
| 15 | 15D | 53.08 | 188.24 | 154.35 | 265.3 | 2.7 | 5225 | 1.12 | 6225 | 4256 |
| 16 | 华农1 | 68.28 | 102.00 | 157.00 | 268.0 | 3.2 | 5929 | 1.83 | 10850 | 5812 |
| 17 | 华农2 | 65.40 | 108.33 | 186.98 | 267.5 | 3.5 | 5336 | 2.09 | 11170 | 6355 |
| 18 | 华农3 | 66.82 | 115.00 | 157.41 | 269.7 | 4.0 | 8152 | 1.58 | 12880 | 9360 |

表2 2017年甘蔗品系的生长速度

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 品系 | 7月株高/cm | 8月株高/cm | 9月株高/cm | 11月株高/cm | 7-8月生长速度/（cm/月） | 8-9月生长速度/（cm/月） | 9-11月生长速度/（cm/月） |
| 1 | 13186 | 152.0 | 207.2 | 243.0 | 261.3 | 55.17 | 35.83 | 9.17 |
| 2 | 13258 | 109.8 | 192.7 | 262.2 | 265.0 | 82.83 | 69.50 | 1.42 |
| 3 | 13297 | 113.7 | 189.3 | 220.2 | 270.0 | 75.67 | 30.83 | 24.92 |
| 4 | 13312 | 102.0 | 180.0 | 237.7 | 248.3 | 78.00 | 57.67 | 5.33 |
| 5 | 1523 | 122.0 | 187.5 | 247.0 | 275.0 | 65.50 | 59.50 | 14.00 |
| 6 | 1580 | 156.3 | 205.0 | 244.2 | 292.5 | 48.67 | 39.17 | 24.17 |
| 7 | 1596 | 143.7 | 198.5 | 243.5 | 265.0 | 54.83 | 45.00 | 10.75 |
| 8 | 15101 | 140.2 | 215.2 | 265.5 | 266.7 | 75.00 | 50.33 | 0.58 |
| 9 | 15102 | 154.7 | 209.2 | 253.5 | 270.8 | 54.50 | 44.33 | 8.67 |
| 10 | 15118 | 140.8 | 184.0 | 246.2 | 268.3 | 43.17 | 62.17 | 11.08 |
| 11 | 15127 | 138.7 | 190.0 | 241.5 | 261.3 | 51.33 | 51.50 | 9.92 |
| 12 | 15182 | 157.8 | 207.2 | 242.2 | 270.7 | 49.33 | 35.00 | 14.25 |
| 13 | 15184 | 130.5 | 169.7 | 216.5 | 260.0 | 39.17 | 46.83 | 21.75 |
| 14 | 15186 | 121.7 | 208.2 | 242.8 | 287.5 | 86.50 | 34.67 | 22.33 |
| 15 | 15D | 127.8 | 215.0 | 242.3 | 267.5 | 87.17 | 27.33 | 12.58 |
| 16 | 华农1 | 85.0 | 177.0 | 224.5 | 268.0 | 92.00 | 47.50 | 21.75 |
| 17 | 华农2 | 107.5 | 190.0 | 234.8 | 267.5 | 82.50 | 44.83 | 16.33 |
| 18 | 华农3 | 109.5 | 170.0 | 190.2 | 269.7 | 60.50 | 20.17 | 39.75 |
|  | 平均 | 128.5 | 194.2 | 238.8 | 268.6 | 65.7 | 44.6 | 14.9 |

**2.2 品质性状**

2.2.1 田间锤度 从表3可以看出，18个甘蔗品系的平均田间锤度在16.6-21.63%之间，其中13258的田间锤度最高为21.63%，其次是华农3、华农2、15118等，锤度分别为21.12%、21.07%、21.01%，1596田间锤度最低为16.6%。

2.2.2 蔗糖分 从表3可以看出，18个甘蔗品系的蔗糖分在13.47-17.83%之间，其中有14个品系蔗糖分高于15%，13258的蔗糖分最高为17.83%，其次是15184、13312、14182等，蔗糖分分别为17.32%、17.26%、17.01%，15101的蔗糖分最低为13.47%。

2.2.3 纤维分 从表3可以看出，纤维分在10.30-15.48%之间，其中15D的纤维分最高为15.48%，其次是1523、华农1、15118等，纤维分分别为15.22%、15.02%、14.87%，13186的纤维分最低为10.30%。

2.3.4 压碎汁的各项指标 从表3可以看出，甘蔗18个品系压碎汁的糖锤度在20.95-24.64% 之间，13258最高为24.64%，13297最低为20.95%；转光度在16.56-21.3% 之间，13258最高为21.3%，15101最低为16.56%；蔗糖分在16.85-21.43% 之间，13258最高为21.43% ，15101最低为16.85%；还原糖分在0.49-1.20%之间，15101最高为1.20%，15184 最低为0.49%；视纯度在78.75-89.35%之间，15184最高为89.35%，15101最低为78.75%；重力纯度在80.14-90%之间，15184最高为90%，15101最低为80.14%。

表3 甘蔗品系的品质性状

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 品系 | 2016-2017平均田间锤度/% | 甘蔗蔗糖分% | 甘蔗的纤维分% | 压碎汁 | | | | | |
| 糖锤度% | 旋光度% | 蔗糖分% | 还原糖分% | 视纯度% | 重力纯度% |
| 1 | 13186 | 19.11 | 16.24 | 10.30 | 22.67 | 18.98 | 19.18 | 0.87 | 83.66 | 84.58 |
| 2 | 13258 | 21.63 | 17.83 | 12.58 | 24.64 | 21.30 | 21.43 | 0.68 | 86.44 | 86.96 |
| 3 | 13297 | 17.44 | 14.52 | 11.49 | 20.95 | 17.19 | 17.46 | 0.98 | 82.06 | 83.55 |
| 4 | 13312 | 18.21 | 17.26 | 12.93 | 23.74 | 20.63 | 20.78 | 0.65 | 86.90 | 87.53 |
| 5 | 1523 | 18.77 | 16.32 | 15.22 | 23.87 | 20.19 | 20.35 | 0.81 | 84.56 | 85.26 |
| 6 | 1580 | 18.54 | 15.96 | 13.81 | 23.30 | 19.45 | 19.64 | 0.88 | 83.47 | 84.29 |
| 7 | 1596 | 16.60 | 14.64 | 11.17 | 21.34 | 17.33 | 17.59 | 1.03 | 81.20 | 82.44 |
| 8 | 15101 | 18.46 | 13.47 | 14.06 | 21.03 | 16.56 | 16.85 | 1.20 | 78.75 | 80.14 |
| 9 | 15102 | 18.67 | 15.71 | 13.77 | 22.71 | 19.07 | 19.28 | 0.85 | 83.99 | 84.89 |
| 10 | 15118 | 21.01 | 15.92 | 14.87 | 23.51 | 19.65 | 19.83 | 0.87 | 83.58 | 84.36 |
| 11 | 15127 | 16.85 | 15.24 | 12.93 | 21.67 | 18.27 | 18.50 | 0.83 | 84.29 | 85.37 |
| 12 | 15182 | 20.61 | 17.01 | 11.17 | 22.20 | 19.76 | 19.94 | 0.51 | 88.99 | 89.90 |
| 13 | 15184 | 17.93 | 17.32 | 13.29 | 23.07 | 20.61 | 20.76 | 0.49 | 89.35 | 90.00 |
| 14 | 15186 | 17.52 | 14.69 | 11.59 | 21.04 | 17.39 | 17.65 | 0.94 | 82.64 | 83.89 |
| 15 | 15D | 18.22 | 15.83 | 15.48 | 23.43 | 19.66 | 19.84 | 0.85 | 83.89 | 84.68 |
| 16 | 华农1 | 18.93 | 15.32 | 15.02 | 22.61 | 18.89 | 19.10 | 0.88 | 83.55 | 84.48 |
| 17 | 华农2 | 21.07 | 16.28 | 12.80 | 23.44 | 19.61 | 19.80 | 0.87 | 83.66 | 84.45 |
| 18 | 华农3 | 21.12 | 16.27 | 13.7 | 23.41 | 19.75 | 19.93 | 0.82 | 84.37 | 85.15 |

**2.3 抗性表现**

从表4可以看出，18个品系黑穗病发病率均为0；枯心率在3.4-21.57%之间，其中15186枯心率最低，为3.4%，15182枯心率最高，为21.57%；梢腐病率在0-12.8%之间，其中13258、1580、1596的梢腐病率为0，华农3的梢腐病率最高，为12.8%，其余品系梢腐病率均在1.56-5.83%之间。

**表4 甘蔗品系的抗性表现**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 品系 | 枯心率/% | 黑穗病率/% | 梢腐病率/% |
| 1 | 13186 | 6.70 | 0 | 2.26 |
| 2 | 13258 | 11.19 | 0 | 0.00 |
| 3 | 13297 | 6.21 | 0 | 1.56 |
| 4 | 13312 | 5.26 | 0 | 2.63 |
| 5 | 1523 | 8.80 | 0 | 4.63 |
| 6 | 1580 | 11.42 | 0 | 0.00 |
| 7 | 1596 | 9.26 | 0 | 0.00 |
| 8 | 15101 | 11.34 | 0 | 3.53 |
| 9 | 15102 | 4.25 | 0 | 2.23 |
| 10 | 15118 | 5.05 | 0 | 1.73 |
| 11 | 15127 | 16.52 | 0 | 2.17 |
| 12 | 15182 | 21.57 | 0 | 2.06 |
| 13 | 15184 | 10.19 | 0 | 2.59 |
| 14 | 15186 | 3.40 | 0 | 5.83 |
| 15 | 15D | 5.26 | 0 | 3.16 |
| 16 | 华农1 | 11.11 | 0 | 2.02 |
| 17 | 华农2 | 8.85 | 0 | 2.65 |
| 18 | 华农3 | 6.40 | 0 | 12.80 |

**3 结论与讨论**

综上所述，18个甘蔗高代新品系中有14个品系蔗糖分≥15.24%，属于高糖品系。其中13258的蔗糖分最高，达到17.83%，其新植出苗率也是最高的，但是宿根发株率和分蘖率较低，蔗茎理论亩产达到8079kg，实际亩产仅4760kg，但其黑穗病和梢腐病发病率为0，可作为高糖抗病育种材料，蔗茎亩产有待进一步通过实验验证；13186蔗茎理论亩产达到12255kg，蔗茎实际亩产为10822kg，其蔗糖分为16.24%，纤维分为10.3%，抗黑穗病，枯心率和梢腐病率也较低，茎径4.1，属大茎种，综合表现优良，可作为进一步示范推广品系；华农3蔗茎理论亩产达到12880kg，蔗茎实际亩产为9360kg，其蔗糖分为16.27%，但纤维分为13.7%，枯心率为6.4%，梢腐病率为12.8%，茎径4.0，属大茎种，综合表现较好，可作为进一步示范推广品系；13312蔗糖分达到17.26%，蔗茎理论亩产为9409kg，实际亩产为6164kg，新植出苗率为52.23%，宿根发株率为151.72%，分蘖率为298.55%，茎径3.1cm，黑穗病率为0，枯心率5.26%，梢腐病率2.63%，综合表现较好，可作为进一步示范推广品系；1523蔗糖分为16.32%，蔗茎理论亩产为7754kg，实际亩产为6124kg，新植出苗率为41.53%，宿根发株率为188.1%，分蘖率为243.06%，茎径2.8cm，黑穗病率为0，枯心率8.8%，梢腐病率4.63%，综合表现较好，可作为进一步示范推广品系；华农2蔗糖分为16.28%，蔗茎理论亩产为11170kg，实际亩产为6355kg，新植出苗率为65.4%，宿根发株率为108.33%，分蘖率为186.98%，茎径3.5cm，黑穗病率为0，枯心率8.85%，梢腐病率2.65%，综合表现较好，可作为进一步示范推广品系。

基金项目：广东省现代农业产业技术推广体系建设（2017LM4166）；广东省科技计划项目（2015A020209102；2016A030303049）。

# 雷州半岛菠萝新品种引种及配套栽培技术

张光辉1，庞生1，张曼其1，刘建荣1，刘伟清1，

揭进1，李强有2，胡小忠1

（1.广东省湛江农垦科学研究所，广东湛江 524000；2. 湛江农垦现代农业发展有限公司，广东湛江 524022）

**摘 要** 文章总结了2015～2017湛江市雷州半岛菠萝新品种引种，为了解决当地菠萝品种单一问题，引进菠萝新品种‘台农16号’、‘台农17号’、‘台农22号’、‘金菠萝’、‘大菠萝’等5个品种进行比较试验。通过品比试验，结果表明‘台农16号’和‘金菠萝’品种耐裂果，耐贮运，品质好，商品性佳、产量产值高，经济效益显著，是适合雷州半岛栽培的良种。

**关键词** 菠萝新品种；引种；配套栽培技术；雷州半岛

**Introduction and Cultivation Techniques of new pineapple varieties in Leizhou Peniland**

Zhang Guanghui, Pang Sheng, Zhang Manqi, Liu Jianrong , Liu Weiqing, Li Qiang , Hu Xiaozhong

1.Scientific research institute of Zhanjiang Nongken, Guangdong province, Zhanjiang, Guangdong 524000;

2.Zhanjiang Nongken Modern Agriculture Development Co., Ltd., Guangdong, Zhanjiang 524022

**Abstract:** This paper summarizes 2015～2017 in Zhanjiang city of Leizhou Peniland, introduction of new varieties of pineapple, pineapple in order to resolve the problem of a single species, the introduction of new varieties of pineapple‘台农16号' and ‘台农17号' and ‘台农22号'and‘Golden Pineapple'and‘Large pineapple 'into 5 varieties comparison test. Through comparative test, results show that‘台农16号' and‘Golden Pineapple' varieties resistance to fruit cracking, high yield, good quality, high yield, good product value, significant economic benefits, is suitable for the cultivation of varieties of Leizhou peninsula.

**Key words:** new pineapple varieties, introduction, mating cultivation techniques, Leizhou Peniland

菠萝，原名凤梨，属凤梨科凤梨属。原产美洲热带和亚热带，是多年生草本植物。性喜温暖，最适生长的年均气温为 24～27℃ 。 15℃ 以下生长缓慢， 5℃ 是受冻的临界温度， 43℃ 高温即停止生长[1]。性耐旱，需一定水分，年降雨量需 1 000～1 500 mm 且分布均匀为宜。 对土壤适应性广，喜疏松、排水良好、富含有机质的砂质壤土。16世纪由葡萄牙人从美洲传入中国，主要产区有广东、广西、福建、海南、云南等省，而广东仅有雷州半岛大面积种植。雷州半岛种植的菠萝品种主要属于卡因类，特点是株高0.7～1.5米,茎短粗,呈褐色,基部有吸芽抽出，鲜果多呈圆筒形；果肉黄色，重0.7～2.5千克，果皮为多数小果皮及苞片组成[1-2]。由于常年种植品种退化、单一，鲜食浪费严重，人工成本的大幅度提升，商品性有所降低，经济效益偏低。 为了筛选出适合雷州半岛种植的菠萝新品种，于 2015 年引进了品质优、抗逆性强、商品性好的‘台农16号’、‘台农17号’、‘台农22号’、‘金菠萝’、‘大菠萝’等5个新品种进行比较试验，以期筛选出适合雷州半岛种植的主栽品种。

**1 材料与方法**

**1.1 品种来源**

供试品种：台农16号、台农17号、台农22号、金菠萝、大菠萝。巴厘为对照品种，为近年来本地主栽品种。

**1.2 试验地概况**

试验地设在遂溪县国家现代农业示范区内，前茬种植甘蔗，土壤为砖红壤，土地肥沃。试验地设施完好，各种生产条件齐备。

**1.3 试验方法**

试验采用随机区组排列，每处理重复 3 次，畦宽 ( 连沟 )1.4 m ，畦高0.1 m，每畦种2 行，株距 0.3～0.35 m。采用一造只施一次大肥，中途不再施肥。2015 年10月定植，亩施生物有机肥1000 kg，再施25 %奥普尔复合肥200 kg和磷酸二胺100 kg作基肥。要求先混匀肥料，再机施起畦，铺设滴灌带，地膜覆盖栽，打孔种植。期间加强管理、适时催花、防治病虫、适时采收等。

**2 结果分析**

**2.1 植物学性状对比**

从表 1 可以看出，台农16号、台农17号、台农22号、金菠萝、大菠萝和巴厘前期生长势特别旺盛，但台农17号、巴厘后期生长势较弱。 株高依次为台农16号、大菠萝、台农17号、台农22号、金菠萝、巴厘，巴厘株高较低。台农22号，大菠萝，金菠萝株型大直立，台农16号，台农17号株型半开张，台农16号叶缘均无刺，巴厘叶缘全有刺，金菠萝，台农17，台农22，大菠萝叶缘少刺。

表 1 不同菠萝品种主要植物学性状

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **品种** | **前期平均株高(CM)** | **后期平均株高（CM）** | **株型** | **前期长势** | **后期长势** |
| **台农16号** | 30 | 104.8 | 叶缘无刺，叶表面中轴呈紫红色 | 强 | 强 |
| **台农17号** | 27 | 95 | 叶尖及基部有少量短刺，黄绿色，中部稍带红褐色，半开张 | 强 | 中等 |
| **台农22号** | 36 | 93.8 | 叶尖微刺，叶背斑驳灰斑，株型直立 | 强 | 较强 |
| **金菠萝** | 32 | 84 | 株型开张，叶片少刺，叶片深绿 | 强 | 强 |
| **大菠萝** | 39 | 98.6 | 叶缘基本无刺，黄绿色 | 强 | 强 |
| **巴厘** | 29 | 62.7 | 株型开张，叶片全缘有刺，叶片全绿 | 强 | 中等 |

**2.2 物侯期对比**

从表 2 可以看出，6个供试品种同时育苗同时定植，除巴厘果为自然果外，其他品种统一人工催花（2016.10.9），金菠萝抽蕾最早（2016.11.25），巴厘最早熟，金菠萝早熟，采收为 40 d 。 大菠萝为晚熟品种，采收时间推后40天，采收期为30 d。

表 2 不同品种物侯期对比

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **品种** | **定植** | **催花** | **抽蕾** | **采收期** |
| **台农16号** | 2015.10 | 2016.10.9 | 2016.12.5 | 5月下旬-6月下旬 |
| **台农17号** | 2015.10 | 2016.10.9 | 2016.12.5 | 5-6月 |
| **台农22号** | 2015.10 | 2016.10.9 | 2016.12.2 | 5月中旬-6月中旬 |
| **金菠萝** | 2015.10 | 2016.10.9 | 2016.11.25 | 5月-6月上旬 |
| **大菠萝** | 2015.10 | 2016.10.9 | 2016.12.2 | 6月上旬-7月上旬 |
| **巴厘** | 2015.10 | 自然果 |  | 4-5月 |

2.3 果实品种性状对比

从表 3 可以看出，平均单果重较大的有大菠萝1.67 kg，台农22号1.40 kg ，金菠萝1.31 kg，台农16号1.26 kg，巴厘1.09 kg，台农17号1.01 kg。台农16号、台农17号果眼浅，可食用率高，台农22号、金菠萝、大菠萝果眼较深，巴厘果眼深。锤度金菠萝15.5最高，巴厘品种锤度13.6，品质最差。综合以上分析，商品性状较好的是金菠萝、台农16号、台农22号、大菠萝。

表 3 不同菠萝品种鲜果性状对比

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **品种** | **果形** | **果肉颜色** | **平均单果重（ kg ）** | **锤度** | **裂果** | **抗病性** |
| **台农16号** | 圆锥形或椭圆形，果眼浅 | 淡黄 | 1.26 | 15.35 | 少 | 强 |
| **台农17号** | 长圆锥形或椭圆形，果眼浅且扁平 | 金黄 | 1.01 | 15.05 | 较多，纤维率高 | 稍强 |
| **台农22号** | 圆筒形或椭圆形，果眼较深 | 黄 | 1.40 | 15.25 | 稍有 | 强 |
| **金菠萝** | 圆筒形，果眼较深 | 金黄 | 1.31 | 15.5 | 较少 | 强 |
| **大菠萝** | 椭圆形，果眼较深 | 淡黄 | 1.67 | 14.4 | 较少 | 强 |
| **巴厘** | 圆筒形，果眼深 | 黄 | 1.09 | 13.6 | 较少 | 强 |

**2.4 产量及抗病性对比**

从表4可以看出，亩产最高的是大菠萝3703.27kg ，其次是台农22号3095.87 kg ，最低的是台农17号2040.93kg，其余的品种产量中等。大果率大菠萝最高，台农22次之，台农16第三，台农17最低。菠萝生长后期调查凋萎病感染率中，台农17号不抗病，发生凋萎病占11%，表现最抗病的是金菠萝，其次是巴厘。抗寒性最差的是台农22号和大菠萝，表现叶片受冻干枯变黄，抗果柄断裂的是台农16号，其次是金菠萝，台农17号最差，果柄断层率达53.5%。

表 4 不同菠萝品种产量对比

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **品种** | **采摘日期** | **小区产量单果重≧1-1.5KG（kg）** | **小区产量单果重0.8-1KG（ kg ）** | **折合亩产（KG）** | **大果比率（%）** | **凋萎病比率（%）** |
| **台农16号** | 2017.5 | 519.12 | 226.32 | 2484.8 | 59.88% | 7.00% |
| **台农17号** | 2017.5 | 277.75 | 334.53 | 2040.93 | 35.76% | 11．00% |
| **台农22号** | 2017.6 | 645.4 | 283.36 | 3095.87 | 61.88% | 5.00% |
| **金菠萝** | 2017.6 | 487.32 | 317.05 | 2681.23 | 48.56% | 2.00% |
| **大菠萝** | 2017.6 | 898.46 | 212.52 | 3703.27 | 73.8% | 4.00% |
| **巴厘** | 2017.4 | 392.4 | 292 | 2281.33 | 49.66% | 3.00% |

**3 小结与总结**

本试验综合评价，在参试的6个品种中综合性状最好的是金菠萝和台农16号，在本地栽培表现良好。果型周正，果眼较浅，果肉金黄或淡黄，口感好，品质优，可食率高。耐裂果，耐贮运，商品性佳、产量产值高。 据品比试验结果，与巴厘品种相比，品质、商品性及产量产值均超过本地品种巴厘，经济效益显著，是适合本地栽培的菠萝良种。台农22号、台农17号综合性状表现也不错，植物学性状上表现植株生长势旺盛，综合性状较好，受裂果影响，可作为后备品种种植，但要加强管理。大菠萝主要是鲜果偏大，果肉不紧实, 现为率含量偏高，口感不好，不适合在本地推广。

**4 栽培技术要点**

**4.1 开园整地**

4.1.1道路设施 大面积、规模化的菠萝园，要设主道、支道、防护林格、灌溉及排水系统等；主道宽5～8 m，支道宽2.5～5 m，45～60亩设一个防护林格，林带宽度6～10 m。选定水源，建立提水、蓄水、灌水系统，坡面大的要规划环山沟等排水系统，防大雨冲刷造成水土流失。

4.1.2整地　土壤要进行深耕，提高土壤通透性，增强菠萝对土壤养份的吸收能力，因此要提早进行多次犁、耙，土壤要做到深、松、碎、净。然后用机施肥起畦，畦宽1m，畦高0.1 m，畦间留0.4 m人行道，以便管理。采用一造只施一次大肥，中途不再施肥。亩施生物有机肥1000kg，再施25 %奥普尔复合肥200 kg和磷酸二胺100 kg作底肥。要求先混匀肥料，再机施起畦。

4.1.3盖膜 在畦面先铺设滴灌带，然后盖1 m宽黑色地膜，并按0.6\*0.3～0.35 m打孔双行种植。

**4.2 定植**  巴厘亩种植约4000株，台16号、17号、22号、金菠萝、大菠萝亩种植约2800～3000株，种植时强调浅种、种稳，一般以不超过苗中心生长点为好，大苗3～5 cm，小苗2～3 cm。。种苗定植前要晒苗，把苗倒置（基部朝上）晒苗7 d以上，准备种植前一天可用1000倍的奥普尔液肥加300倍的多菌灵喷湿苗的基部，可促进早发根防心腐病。雷州半岛种植期一般选择在7～10月进行种植，根据品种、种苗进行分级种植管理，按品种的不同种植，同一品种不同芽类(大小肥状)要进行分块种植，便于管理。

**4.3肥水管理**

4.3.1幼苗期

菠萝幼苗种下后20 d左右喷第一次叶面肥，每次相隔15天，连续喷4次，以喷奥普尔液肥为主，配合其它肥料进行，前两次可用800倍的奥普尔液肥加2000倍的硫酸亚铁喷施，后两次可再加入0.5%水溶性高氮肥喷施。过冬开始生长后再连续喷600倍的奥普尔液肥4次。前两次可加入平衡型阿美瑞水溶性肥进行叶面喷施，后两次可加入阿美瑞水溶性高钾肥进行叶面进行叶面喷施。根据天气情况适当淋水和施水肥，全年施3次左右。行间做好除草工作。

4.3.2结果期

⑴催花标准及产期调控 台农16、17品种要求叶长50 cm以上的叶片不少于50片才可进行催花。催花时间的调控主要是根据种植时间；其次应根据收获时间去确定；台16、17号催花用40 %的乙烯利400倍液，每株约用50 mL，隔2 d用40 %的乙烯利400倍液再灌心一次。或用电石催花40-50倍催花，隔天喷一次，共喷2次。 约经45 d生长便会现红抽蕾, 抽蕾后再经105天生长管理便可采收。

（2）壮果 台农16、17号种开花末期用15升水加入赤霉素阿美瑞30克和奥普尔液肥20 mL再加百菌清30克混合后喷湿果实，谢花后20 d再用15升水加入阿美瑞50克和奥普尔液肥25 mL再加吡虫啉20毫升混合后喷湿果实。注意喷药要均匀喷在整个果面上，以湿润为宜，喷果时最好阴天或毛雨天，干旱或晴天喷后用袋覆盖最好。

（3）套袋 在果实膨大期，果眼明显开张，有光泽可以套袋，袋子规格为：26CM\*26CM,牛皮纸质，防晒效果好。

（4）催熟 催熟主要在巴厘品种上操作，台农系列不用催熟。一般在采收前10 d左右喷施40%的乙烯利进行催熟，喷乙烯利时要晴天进行，应均匀喷湿果面，气温低时宜用高浓度，气温高时则用低浓度。

4.3.3采收期

台农17号采收时间为每年的3-4月, 台农16号采收时间为每年的4-5月，基本上避开巴厘菠萝的上市高峰期, 利于销售。顶苗端正, 苗长15-25cm, 单果重0. 8 kg 以上的菠萝, 可作为鲜销果,供应各地市场。

4.3.4采后期

果采收完毕, 果柄伤口干缩后, 喷一次叶面肥, 可采用每亩尿素2 kg + 硫酸钾2 kg + 水30 kg以恢复植株长势, 追施一次尿素，撒施为主，每亩撒尿素15公斤。促进吸芽整齐萌发，培育健壮优质菠萝种苗。

**4.4 病虫害防治**

主要病害是菠萝灰粉蚧，凋萎病，目前以化学防治为主，常用农药有氧化乐果、速扑杀和特丁磷等，选用800倍50%马拉松乳油，或1000倍敌克松乳油喷雾可以防治凋萎病。从种苗期即开始灭菌，并结合田间调查报告，于若虫盛发期用高压枪喷药。使用高压枪进行喷药，可破坏害虫的蜡成或把该冲冲刷掉到地面上，提高杀虫效果[4]。

**参考文献**

[1] 石伟琦， 孙伟生，习金根等. 我国菠萝产业现状与发展对策[J]. 广东农业科学，2011,(3):181.

[2] 文尚华 . 我国菠萝产业发展现状与对策探讨 [J]. 中国热带农业 ,2006,1:9-11.

[3] 刘岩，钟云，刘传和编著. 菠萝生产实用技术[M].广东：广东科技出版社，2009.

[4] 劳有德.广西剑麻产区要重视新菠萝粉蚧的防治[J].广西热带农业 ,2008（5）:24-25.

# 叶面喷施亚硒酸钠对龙眼树体营养和果实品质的影响

潘介春[[10]](#footnote-10)，徐石兰1，周煜棉1\*，丁峰1, 2，黄幸1，张振镜1，龙蔷宇1，黄思婕1，杨亚涵1，邓英毅1，徐炯志1

(1.广西大学农学院，南宁 530000）

（2.广西农业科学院园艺研究所，南宁 530000）

**摘 要** 以石硖龙眼为研究对象，通过喷施0 mg∙L-1、10 mg∙L-1、30 mg∙L-1、50 mg∙L-1和70 mg∙L-1的外源亚硒酸钠，测定叶片及果实各营养元素含量及果实品质，研究叶面喷施亚硒酸钠对龙眼树体营养和果实品质的影响。结果表明，与对照比，喷施外源亚硒酸钠对叶片中N、P、K、Ca和Mg含量影响不明显，果实中N、P、K、Ca和Mg含量较对照有所下降，显著增加龙眼叶片和果实总硒含量，以喷施70 mg∙L-1效果最为明显，显著高于其他处理，较对照分别增加1334.41%和25775.00%，喷施浓度与叶片和果实总硒含量存在极显著正相关。与对照比，喷施不同浓度外源亚硒酸钠对龙眼果实横纵径、单果重、可食率、可溶性固形物、维生素C和可滴定酸含量有一定程度提高，但影响不明显，相关性达不到显著性水平。综合分析，以叶面喷施70 mg∙L-1浓度亚硒酸钠为最佳，能显著提高叶片和果实总硒含量，对果实品质也有一定程度提高。

**关键词** 龙眼; 亚硒酸钠; 树体营养; 果实品质

**Effects of Sodium Selenite on Nutrition and**

**Fruit Quality of Longan**

PAN Jiechun1, XU Shilan 1, ZHOU Yu mian 1, DING Feng 1, HUANG Xing 1, ZHANG Zhenjing 1, LONG Qiang yu 1, HUANG Sijie 1,YANG Yahan 1, DENG Yingyi 1, XU Jiongzhi1

1. *College of Agricultural, Guangxi University,* Nanning 530000, China）

（2. *Horticulture Research Institute, Guangxi Academy of Agricultural Sciences,* Nanning 530000, China）

**Abstract** The long-term subfamily of SHIXIA longan was studied by spraying 0 mg∙L-1, 10 mg∙L-1, 30 mg∙L-1, 50 mg∙L-1 and 70 mg∙L-1. Sodium selenate was used to determine the nutrient content and fruit quality of leaves and fruits. The effects of foliar application of sodium selenite on the nutrition and fruit quality of longan trees were studied. The results showed that, the application of exogenous sodium selenite had no significant effect on the contents of N, P, K, Ca and Mg in the leaves, and the contents of N, P, K, Ca and Mg in the fruit decreased compared with the control. Significantly increased the total selenium content in leaves and fruits of longan, the effect of spraying 70 mg ∙L-1 was the most obvious, which was significantly higher than other treatments, which increased by 1334.41% and 25775.00%. The spraying concentration and total selenium content in leaves and fruits existed. Very significant positive correlation. Compared with the control, spraying different concentrations of exogenous sodium selenite has a certain degree of improvement on the horizontal and vertical diameter, single fruit weight, edible rate, soluble solids, vitamin C and titratable acid content of longan fruits, but the effect is not obvious. Sexuality does not reach a significant level. Comprehensive analysis, foliar application of 70 mg ∙L-1 concentration of sodium selenite is the best, that can significantly increase the total selenium content of leaves and fruits, and also improve the fruit quality to a certain extent.

**Key words:** Longan; Sodium selenite; Tree nutrition; The fruit quality

1817年，瑞士化学家Berzelius 1817年发现硒元素并进行命名[1]，1957年Schwarz和Foltz发现阻止大鼠食饵性肝坏死的第三因子是硒元素[2]，自此开始了对硒元素营养学研究。Roetruck等人研究认为，硒元素是谷胱甘肽过氧化物酶的必须组分[3]，谷胱甘肽过氧化物酶可以清除植物体内的有害自由基，保护植物体不受过氧化物毒害。研究表明，在小麦灌浆初期配合施入硒肥能显著提高超氧化物歧化酶活性，还能降低植物体内的丙二醛含量，延缓作物衰老。硒作为植物磷脂和葡糖还原酶的组成部位[4]，可以通过非生物抗氧化酶系统参与高等植物体内代谢[5]。研究表明，适宜浓度硒处理能促进大豆根系生长发育，在0-1000 μg·Kg-1浓度时，大豆根系活力随硒浓度的增加而增强。覃广泉等研究认为，适量或较低水平的硒能够促进水稻幼苗生长，高浓度硒对其生长有抑制作用[6]。薛泰麟等研究认为，硒对小麦、玉米、大豆等作物具有抗氧化作用，在一定程度上提高植株抗逆境抗衰老能力[7]。覃爱苗等研究认为，硒对重金属有拮抗作用，能与重金属结合形成难溶的沉淀物质，减轻植物体内重金属对抗氧化酶的抑制作用，调节植物体内螫合肽酶活性，减缓重金属对植物体的毒害[8]。

广西具有天然富硒土壤资源优势，富硒农产品开发潜力巨大，现阶段人们对富硒作物需求日益增强，因此加强富硒农产品研究，推动产业发展十分重要。本文针对富硒龙眼缺乏的生产现状，同过叶面喷施外源硒的富硒试验，探讨叶面喷施外源硒对树体营养、果实品质的影响。本研究对了解植物对硒的生理响应有一定科学意义，以期为促进广西富硒龙眼生产提供理论依据。

**1 材料与方法**

**1.1 试验材料**

供试验龙眼品种为“石硖”，树龄为26年，株行距为6×5m。试验所用亚硒酸钠（分析纯，含量99.2%）购自山东西亚化学工业有限公司。

**1.2 试验设计**

试验于2017年3月至2017年8月在广西大学农学院丰产园进行，采用完全随机设计，试验共分为5个处理，3个重复，共15株树，处理1(CK): 0 mg∙L-1，处理2: 10 mg∙L-1，处理3: 30 mg∙L-1，处理4:50 mg∙L-1，处理5:70 mg∙L-1。在龙眼谢花后开始喷施，每隔15天喷施一次，共三次，每株树每次喷施5 L溶液，以叶片刚形成水珠滴落为佳。

**1.3 样品采集与处理**

试验树的龙眼叶片和果实在果实成熟期进行采样，时间为2017年8月2日，在处理植株中上部东、南、西、北四个方位选定生长状况基本一致的枝条，每个方位采集10张成熟的叶片，共40张，用密封袋封好带回实验室进行烘干处理，粉碎过2 mm塑料筛子，置于密封袋封口常温保存，用于营养元素的测定；每个方位采集20粒果实，共80粒，用密封袋封好带回实验室处理，部分试样进行果实品质测定，其余果实把果壳、果肉和果核分类装好，果壳和果核进行烘干处理，粉碎过2 mm塑料筛子，置于密封袋封口常温保存，用于营养元素的测定；果肉用部分鲜样用于果实品质的测定，剩下的进行烘干处理，粉碎过2 mm塑料筛子，置于密封袋封口常温保存，用于营养元素的测定。

**1.4 测定内容与方法**

1.4.1 龙眼样品总硒测定

采用硝酸-过氧化氢消解样品，用氢化物发生-原子荧光光谱法原子荧光形态分析仪（SA-20，北京吉天仪器有限公司）测定。

1.4.2 龙眼植物样品全氮测定

采用硫酸-过氧化氢消解样品，采用连续流动化学分析仪（AA3，德国）测定。

1.4.3 龙眼植物样品全磷、全钾、全钙、全镁测定

采用硝酸-过氧化氢消解样品，用电感耦合等离子体光谱仪（ICP，美国）测定

1.4.4 龙眼果实品质的测定

果实横纵径测定采用游标卡尺直接测量取均值；果实可溶性固形物测定采用PAL-1数显糖度计（日本）测定；果实单果重测定用万分之一天平称重10粒果实，取平均值；果实可食率测定采用称重法测定；果实维生素C含量测定采用2,6-二氯酚靛酚滴定法；果实可滴定酸含量测定采用酸碱滴定法。

**1.5 统计分析**

试验数据使用Excel 2010进行整理，利用SPSS 21.0进行方差分析。

**2 结果分析**

**2.1 叶面喷施不同浓度亚硒酸钠对龙眼叶片和果实总硒含量的影响**

从表1可知，喷施亚硒酸钠浓度与龙眼叶片和果实总硒含量存在极显著正相关。在叶片总硒含量中，处理5˃处理4˃处理2˃处理3˃处理1(CK)，各处理之间有显著性差异，处理5叶片总硒含量最高，为3981.63 µg·Kg-1，显著高于其他处理，与对照比增加1334.41%。在果实总硒含量中，处理5˃处理3˃处理4˃处理2˃处理1(CK)，处理2与对照无显著性差异，处理5果实总硒含量最高，为10.35 µg·Kg-1，显著高于其他处理，与对照比增加25775.00%。

表1 喷施亚硒酸钠的龙眼叶片及果实总硒含量

Table 1 Selenium content of longan leaves and fruit when spraying with Na2SeO3

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 处理  Treament | 叶片硒含量(µg·Kg-1)  Selenium content of leaves | 果实硒含量(µg·Kg-1)  Selenium content of fruit |
| 1（CK） | 277.58e | 0.04d |
| 2 | 2769.18c | 0.77cd |
| 3 | 2215.37d | 3.89b |
| 4 | 3910.13b | 2.40bc |
| 5 | 3981.63a | 10.35a |
| R | 0.872\*\* | 0.850\*\* |

**2.2 叶面喷施不同浓度亚硒酸钠对龙眼叶片营养元素含量的影响**

从表2中可知，在全N中，处理5˃处理4˃处理1(CK)˃处理3˃处理2，其中，处理5全N含量最高，显著高于其他处理；处理2全氮含量最低，与其他处理差异显著。在全P含量中，处理2含量最高，与对照无显著差异，与其他处理差异显著；处理3、处理4和处理较对照含量低，且差异显著，其中处理4含量最低。在全K含量中，各处理之间差异显著，从处理2至处理5，随着喷施浓度的增加，全K含量在逐渐下降。在Ca含量中，处理5含量最高，与处理4无显著差异，与其他处理差异显著，处理3含量最低，与其他处理差异显著，较对照下降28.06%。在Mg含量中，各处理之间差异显著，对照含量最高，其他处理均较对照有所下降。

表2 喷施亚硒酸钠的龙眼叶片营养元素含量

Table 2 Nutritive element content of longan leaves when spraying with Na2SeO3

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 处理  Treament | N(g·Kg-1)  Total N | P(g·Kg-1)  Total P | K(g·Kg-1)  Total K | Ca(g·Kg-1)  Total Ca | Mg(g·Kg-1)  Total Mg |
| 1（CK） | 26.80±0.01b | 1.82±0.01ab | 6.47±0.03d | 22.13±0.10b | 1.29±0.01a |
| 2 | 20.02±1.20d | 1.91±0.01a | 6.94±0.03a | 18.45±0.08c | 1.09±0.01d |
| 3 | 25.27±0.43c | 1.23±0.10c | 6.84±0.10b | 15.92±0.00d | 0.78±0.01e |
| 4 | 27.35±0.18b | 1.11±0.14c | 6.62±0.01c | 22.81±0.10a | 1.21±0.01c |
| 5 | 33.40±0.05a | 1.72±0.04b | 5.83±0.01e | 22.91±0.06a | 1.24±0.01b |
| R | 0.747\*\* | -0.408 | -0.648\*\* | 0.379 | 0.087 |

**2.3 叶面喷施不同浓度亚硒酸钠对龙眼果肉营养元素含量的影响**

从表3可知，在全N含量中，处理3˃处理1(CK)˃处理5˃处理2˃处理4，各处理之间差异显著，处理4含量最低，较对照显著下降25.65%。在全P含量中，处理2含量最高，较其他处理差异显著，处理3、处理4和处理5较对照含量下降，且差异显著。在全K含量中，处理1(CK)˃处理3˃处理5˃处理4˃处理2，喷施亚硒酸钠的处理全K含量较对照有所下降且迟疑显著。在Ca含量中，各处理之间差异显著，处理2较对照含量有所下降，处理3、处理4和处理5较对照含量有所增加。各处理Mg含量较低，处理2和处理3含量为0.01 g·Kg-1。

表3 喷施亚硒酸钠的龙眼果实营养元素含量

Table 3 Nutritive element content of longan fruit when spraying with Na2SeO3

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 处理  Treament | N(g·Kg-1)  Total N | P(g·Kg-1)  Total P | K(g·Kg-1)  Total K | Ca(g·Kg-1)  Total Ca | Mg(g·Kg-1)  Total Mg |
| 1（CK） | 20.90±0.34b | 2.73±0.08b | 12.41±0.05a | 2.72±0.00d | 0.03±0.00c |
| 2 | 18.16±0.05d | 2.93±0.07a | 10.98±0.01d | 2.69±0.02e | 0.01±0.00d |
| 3 | 22.15±0.10a | 2.32±0.16c | 12.22±0.04b | 2.92±0.01a | 0.01±0.00d |
| 4 | 15.54±0.04e | 2.32±0.08c | 11.77±0.03c | 2.82±0.00b | 0.12±0.00a |
| 5 | 20.01±0.37c | 2.65±0.09b | 11.80±0.05c | 2.76±0.00c | 0.04±0.00b |
| R | -0.245 | -0.430 | -0.042 | 0.339 | 0.500 |

**2.4 叶面喷施不同浓度亚硒酸钠对龙眼果壳营养元素含量的影响**

从表4可知，在全N中，处理1(CK)˃处理2˃处理5˃处理3˃处理4，各处理之间无显著差异。在全P含量中，各处理较对照有所下降，处理3与对照无显著差异，其他处理与对照差异显著。在全K含量中，处理1(CK)˃处理3˃处理4˃处理2˃处理5，各处理与对照比有所下降，且差异显著。在Ca含量中，处理1(CK)˃处理5˃处理2˃处理4˃处理3，各处理与对照比有所下降，且差异显著，其中，处理3含量最低，较对照下降31.68%。在Mg含量中，处理4˃处理5˃处理1(CK)˃处理2˃处理3，各处理之间差异显著。

表4 喷施亚硒酸钠的龙眼果壳营养元素含量

Table 4 Nutritive element content of longan shell when spraying with Na2SeO3

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 处理  Treament | N(g·Kg-1)  Total N | P(g·Kg-1)  Total P | K(g·Kg-1)  Total K | Ca(g·Kg-1)  Total Ca | Mg(g·Kg-1)  Total Mg |
| 1（CK） | 13.45±0.54a | 2.32±0.04a | 7.73±0.00a | 11.52±0.04a | 0.27±0.01c |
| 2 | 13.23±0.14a | 1.94±0.00b | 5.83±0.03d | 9.84±0.03c | 0.25±0.00d |
| 3 | 12.27±0.48a | 2.31±0.01a | 6.15±0.01b | 7.87±0.01e | 0.12±0.00e |
| 4 | 11.65±0.42a | 1.77±0.10c | 6.03±0.01c | 8.77±0.03d | 0.33±0.00a |
| 5 | 12.87±0.36a | 1.92±0.06b | 5.71±0.05e | 11.29±0.01b | 0.30±0.00b |
| R | -0.500 | -0.584\* | -0.622\*\* | 0.078 | 0.296 |

**2.5 叶面喷施不同浓度亚硒酸钠对龙眼果核营养元素含量的影响**

从表5可知，在全N含量中，处理2˃处理1(CK)˃处理3˃处理4˃处理5，处理2与对照无显著差异，其他处理与对照差异显著，其中，处理5含量最低，较对照下降40.40%。在全P含量中，处理5含量最低，与其他处理差异显著，其他4个处理之间无显著性差异。在全K含量中，处理1(CK)˃处理2˃处理3˃处理5˃处理4，各处理之间差异显著，各处理含量较对照均有所下降，以处理4含量最低，与对照比下降28.20%。在Ca含量中，处理1(CK)˃处理2˃处理3˃处理5˃处理4，各处理与对照比含量下降且差异显著。在Mg含量中，各处理与对照比含量下降且差异显著，其中，处理4含量最低，与对照比下降36.36%。

表5 喷施亚硒酸钠的龙眼果核营养元素含量

Table 5 Nutritive element content of longan stone when spraying with Na2SeO3

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 处理  Treament | N(g·Kg-1)  Total N | P(g·Kg-1)  Total P | K(g·Kg-1)  Total K | Ca(g·Kg-1)  Total Ca | Mg(g·Kg-1)  Total Mg |
| 1（CK） | 14.33±0.57a | 2.32±0.08a | 4.22±0.00a | 5.68±0.03a | 0.11±0.01a |
| 2 | 15.16±0.96a | 2.22±0.04a | 3.39±0.04b | 5.08±0.02b | 0.09±0.01b |
| 3 | 12.88±0.32b | 2.28±0.02a | 3.66±0.01c | 5.07±0.01b | 0.07±0.00c |
| 4 | 12.53±1.22c | 2.18±0.02a | 3.03±0.02e | 4.52±0.01d | 0.01±0.00d |
| 5 | 8.54±0.22d | 1.90±0.14b | 3.10±0.00d | 4.88±0.00c | 0.07±0.01c |
| R | -0.883\*\* | -0.788\*\* | -0.804\*\* | -0.762\*\* | -0.619\* |

**2.6 叶面喷施不同浓度亚硒酸钠对龙眼果实品质的影响**

从表6可看出，测量的果实横纵经中，对照果实的横纵经最小，处理4果实的横径和纵经都最大，与对照比差异显著，分别增加8.20%和11.97%。在果实单果重中，处理4˃处理5˃处理2˃处理3˃处理1(CK)，各处理单果重较对照有所增加，处理2与处理3与对照无显著性差异，与处理4和处理5差异显著；处理4和处理5与对照比差异显著，分别增加27.40%和26.48%。在可食率中，处理3˃处理1(CK)˃处理2˃处理4˃处理5，各处理之间无显著性差异。在可溶性固形物中，处理2最高，显著高于其他处理，与对照比增加15.30%，其他各处理之间无显著性差异。在维生素C中，处理4含量最高，显著高于其他处理，处理3和处理5与对照无显著性差异。在可滴定酸中，处理4含量最低，显著低于其他处理，其他个处理之间无显著性差异。

表6 喷施亚硒酸钠的龙眼果实品质

Table 6 Fruit quality of longan when spraying with Na2SeO3

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 处理  Treament | 横径(mm)  Equatorial diameter | 纵径(mm)  Vertical diameter | 单果重(g)  Per fruit weight | 可食率(%)  Edible rate | 可溶性固形物(%)  Soluble solids | 维生素C(mg·g-1)  Vitamin C | 可滴定酸(%)  Titratable acid |
| 1（CK） | 26.16±0.39c | 25.99±0.44c | 7.59±0.88b | 77.14±5.62a | 18.30±0.60b | 0.44±0.00cd | 0.04±0.00a |
| 2 | 27.28±0.46b | 26.95±0.91ab | 8.43±0.03b | 76.41±0.09a | 21.10±1.30a | 0.46±0.01b | 0.05±0.00a |
| 3 | 26.45±0.28bc | 27.95±1.28ab | 8.32±0.37b | 77.70±0.08a | 18.40±1.00b | 0.44±0.01c | 0.04±0.00a |
| 4 | 28.30±0.71a | 29.10±0.68a | 9.67±0.39a | 75.79±0.96a | 17.20±1.40b | 0.54±0.00a | 0.03±0.00b |
| 5 | 26.75±0.54bc | 27.01±0.90bc | 9.60±0.62a | 75.09±3.26a | 18.20±0.90b | 0.43±0.01d | 0.05±0.01a |
| R | 0.107 | 0.183 | 0.139 | 0.070 | 0.180 | 0.036 | 0.000 |

**3结论与讨论**

硒元素作为人体正常生命活动的重要营养元素，是人体所不可缺少的微量元素之一。是人体内各种酶活性的重要组成部位，参与人体多项重要的生理活动。研究认为，人体适宜的硒吸入量约为50μg·d-1，我国的营养学会对部位城市成人每天摄硒量的营养调查表明，人体营养硒元素含量缺乏现象严重，人均不足26.63μg·d-1。植物产品是硒的重要来源[9]，可通过一些富硒植物产品补充人体所需的硒，如富硒大米、富硒茶叶、富硒大豆、富硒水果等等。广西发布的地方标准《富硒农产品硒含量分类要求》（DB45/T1061-2014）要求限定了共14项分类的富硒农产品硒含量：粮食类150-50μg·Kg-1；薯类20-200μg·Kg-1；豆类100-500μg·Kg-1；蔬菜类10-100μg·Kg-1；果类10-100μg·Kg-1等[10]。本试验中，通过喷施外源亚硒酸钠，果实硒含量可达10.35μg·Kg-1，达到果类富硒产品的要求。

喷施外源硒可增加植物硒含量，其在植物体内各部位的累积量表现为：叶˃枝稍˃果实，本研究中叶片硒含量显著高于果实硒含量，与前人研究一致。研究人员在外源硒对植物体内大量元素的影响中结论有所差异，郭峰等人在菠菜上喷施外源硒，发现N可增加菠菜地上部K、Ca、Mg含量[11]，朱蒙帅认为不同品种喷施外源硒可一定程度增加葡萄果实K、Ca含量[12]；王秋营在空心菜上进行外源硒试验，发现水培条件下添加一定量Se（Ⅳ）可增加了空心菜Mn、Zn、Mg、Ca等的吸收，降低了Cu、Fe、P、K的含量[13]。本研究中，各元素在龙眼叶片和果实上表现一定的差异，叶片中的N含量与硒浓度呈显著性正相关，K含量与硒浓度呈显著性负相关，P、Ca和Mg含量无明显变化；果实中果肉、果壳和果核中的N、P、K、Ca和Mg含量均有不同程度下降，与前人研究结果有所差异，可能由于品种及喷施外源硒浓度的差异所造成。

硒作为植物体内重要的微量元素，研究认为硒能够促进植物生长、增强植物体抗氧化、抵御逆境的能力、提高植物的光合作用、促进植物增产和提高作物品质[14,15]。研究认为，硒可通过提高果实中酸性转化酶（AI）活性及叶片中光合作用能力，从而增加糖分的积累[12]，本研究中，喷施外源硒使龙眼果实大小、单果重、可溶性固形物、维生素C含量等均有一定程度提高，与前人研究结果一致。

综上所述，龙眼喷施外源硒可增加叶片及果实硒含量，叶片和果实中的N、P、K、Ca和Mg含量均有不同程度下降，在一定程度上提高龙眼果实品质，其中，以喷施70 mg∙L-1外源亚硒酸钠为佳，叶片总硒含量为398.1626μg·Kg-1，果实总硒含量为10.35μg·Kg-1，各项果实品质指标较优，其中果实横径为26.75mm，纵径27.01mm，单果重9.60g，可食率75.79%，Vc含量0.4293mg·g-1。

**参考文献**

1. 夏弈明. 中国人体硒营养研究回顾[J]. 营养学报. 2011(04): 329-334
2. SchwarZ K, Foltz C M. selenium as an integral part off actor 3 against dietary necmtic 1iver degeneration[J]. oumal of the American Chemical Society, 1957, 79(12): 3292-3293

[3] Rotruck J T, Pope A L, Ganther H E, et al. Selenium: biochemical role as a component of glutathione peroxidase [J]. Science 179: 588-590

[4] 樊 俊, 王 瑞, 胡红青, 等. 不同价态外源硒对土壤硒形态及酶活性、微生物数量的影响[J]. 水土保持学报, 2015(05): 137-141+171

[5] 唐巧玉, 吴永尧, 周大寨, 等. 硒对大豆根系活力的影响[J]. 河南农业 科学, 2004( 7): 42-44

[6] 覃广泉, 陈 平. 硒对水稻幼苗生长及磷分布效应的影响[J]. 热带农业 科学, 2004 , 24( 5): 31-33

[7] 薛泰麟, 侯少范, 谭见安, 等. 硒在高等植物体内的抗氧化作用 Ⅰ. 硒对过氧化作用的抑制效应及酶促机制的探讨[J]. 科学通 报, 1993, 38(3): 274-277

[8] 覃爱苗, 唐 平, 余卫平. 硒在植物中的生物学效应[J]. 东北农业大学学报, 2011(10): 6-11

[9] 吴 军, 刘秀芳, 徐汉生. 硒在植物生命活动中的作用[J]. 植物生理学通讯, 1999(05): 417-423

[10] 何礼新, 宾士友, 苏彩和, 等. DB45/T1061-2014, 富硒农产品硒含量分类要求[S]. 南宁: 广西壮族自治区质量技术监督局, 2014

[11] 郭 锋, 樊文华, 冯两蕊, 等. 硒对镉胁迫下菠菜生理特性、元素含量及镉吸收转运的影响[J]. 环境科学学报, 2014, 34(2): 524-531

[12]朱帅蒙. 不同葡萄品种果实品质对外源硒肥的响应[D]. 北京: 中国科学院大学, 2018

[13] 王秋营. 富硒红壤中硒与重金属关系及作物对硒的吸收规律研究[D]. 福建农林大学, 2016

[14] 郭 艳, 张江萍, 刘 和. 微量元素硒在园艺植物中的生理功能研究进展[J]. 中国农学通报, 2013, 29(1): 76-79

[15] 余 洁, 李琳玲, 肖 贤, 等. 植物富硒栽培研究进展综述[J]. 湖北农业科学, 2017, 56(16): 3017-3021

# 不同灌溉量和种植方式对冬小麦光合生产的影响

赵云雄，雍阳阳，申鹏举，毛祥敏，周勋波\*

广西大学农学院 广西南宁 530004

**摘 要** 近年来，由于水资源的短缺，水分胁迫已成为华北平原地区限制冬小麦产量的一个主要因素。本试验于2011-2014年进行，采用两因素裂区设计，主区为灌溉量（0、90、180 mm），副区为种植方式（SS，单-单行种植；SD，单-双种植；DD，双-双行种植）。测定冬小麦不同生长期的叶绿素含量指数（CCI），净光合速率（Pn），干物质重，产量及产量构成。结果表明，灌溉增加了CCI和Pn，利于干物质的积累，此外，产量随着灌溉量的增加而增加。DD种植方式的CCI、Pn、干物质重和产量高于SS；并且在90 mm灌溉条件下DD的冬小麦产量分别[[11]](#footnote-11) 比SD和SS高3.0%和4.6%。因此在华北平原地区，90 mm灌溉结合DD种植方式是一种很好的农艺措施。

**关键词** *Triticum aestivum* L.；产量构成；叶绿素含量指数；干物质重

**Effects of different irrigation amounts and planting patterns on photosynthetic production of winter wheat**

ZHAO Yunxiong, YONG Yangyang, SHEN Pengju, MAO Xiangmin, ZHOU Xunbo

Agricultural College of Guangxi University, Nanning 530004, China.

**Abstract** With the shortage of water resources in recent years, water has become an important factor that limits the yield of winter wheat in the North China Plain (NCP) in China. The experiment was conducted in 2011 – 2014, and the design of two-factor split-plot was adopted, with three irrigation amounts (0, 90, and 180 mm) for the main plot and three planting patterns (SS, single-single row; SD, single-double row; DD, double-double row) for the sub plot. Chlorophyll content index (CCI), net photosynthetic rate (Pn), and dry matter weight of winter wheat at different growth stages, yield compositions, and grain yield values were measured. The result indicated that irrigation increased the CCI and Pn, which were favorable for producing dry matter; moreover, yield increased with increased irrigation amount. The CCI, Pn, dry matter weight, and yield of DD were higher than those of SS; under 90 mm irrigation amount, the grain yield of DD were 3.0% and 4.6% higher than those of SD and SS, respectively. Therefore, 90 mm irrigation combined with DD planting pattern is a good agronomic practice for winter wheat production in NCP.

**Key words** *Triticum aestivum* L., yield composition, chlorophyll content index, dry matter weight

冬小麦（*Triticum aestivum* L.）是华北平原主要的粮食作物，同时该地区也是我国冬小麦的主产区。在小麦生长期间，水分对其生长和发育至关重要，严重缺水会限制作物生长，从而影响作物品质及产量[1]。然而，目前水资源短缺是影响农业生产稳定性和可持续性的主要因素[2]，冬小麦生长期的降雨量仅为其水分需求量的25%~40%[3]，因此迫切需要提高水资源的利用效率。有研究表明[4]，随着农业生产规模的不断扩大，逐渐增加了水分胁迫指数，特别是在黄淮海地区。农业是最大的水资源消耗者；所以，改善农业水分管理对提高农业生产以满足人口不断增长对粮食的需求是非常必要的[5,6]。Zhang等[7]研究表明，灌溉是作物获得高产的必要条件。

行距是决定植物空间分布的一项重要农艺措施，它可影响植物的冠层结构、光能截获和光能利用率，最终影响生物量生产[8]。合理的种植模式有利于改善田间小气候环境，促进作物的生长与发育[9]；因此，种植模式是提高粮食产量的有效农艺措施。Han等[10]研究表明，与传统栽培模式相比，冬小麦宽幅精播能获得更高的产量。Liu[11]通过窄-宽行种植方式，提高了玉米吐丝后期的光合特性；同时，烟草[12]、水稻[13]和绿豆[14]窄行种植产量比宽行种植产量高。在小麦生长前期，宽行由于冠层覆盖差，使得杂草大量生长，削弱了底层的有效辐射，从而降低了粮食产量[15]。

在本试验中，我们研究了冬小麦不同生长期叶绿素含量指数（CCI）、干物质重、净光合速率（Pn）、产量构成和籽粒产量。其目的是分析灌溉及种植方式对作物光合特性的影响，优化灌溉和种植方式，为华北地区高效农业生产提供参考。

**1 材料与方法**

**1.1 试验地概况**

试验于2011-2012、2012-2013和2013-2014年冬小麦生长季在山东农业大学农学实验站（36°09′N，117°09′E）进行，三个生长季节的降水量分别为205.8 mm、195.8 mm和158.4 mm。试验地土壤为壤土pH 6.9，耕层土壤（0~20 cm）有机质含量为16.3 g/kg，全氮1.3 g/kg，速效磷35 mg/kg，速效钾95 mg/kg，土壤容重为1.5 g/cm3，田间持水量为38.6%（v%），气象数据来自ET106气象站（Campbell Science，Inc.，North Logan）。

**1.2 试验设计**

试验采用双因素裂区设计，主区为灌溉量，3个水平分别是0、90和180 mm，灌溉时期分别在拔节、抽穗和灌浆期，用水表严格控制灌溉量，每次灌溉量为总量的 1/3。副区为3种种植模式（图 1），分别是单-单行种植（SS）；单-双种植（SD）；双-双行种植（DD）。每个小区面积是3 m × 3 m，供试冬小麦为济麦22，分别于2011年10月9日、2012年10月10日和2013年10月9日进行人工点播，播种密度为400×104株/hm2，深度为2-3 cm，出苗15天后间苗，保证基本苗数200 × 104 株/hm2。施肥量为纯氮225 kg/hm2、P2O5 120 kg/hm2和K2O 105 kg/hm2（每个小区235 g磷酸二铵和189 g硫酸钾作为基肥，每块施尿素345 g，施用总量的1/2作基肥，其余1/2作为追肥于拔节期施用）。分别于2012年6月9日、2013年6月8日和2014年5月31日收获冬小麦。



图1 三种种植示意图，a. 单-单行种植（SS）；b. 单-双种植（SD）；c. 双-双行种植（DD）

Fig. 1 A schematic diagram showing a. single-single row (SS), b. single-double row (SD), and c. double-double row (DD).

**1.3 测定项目与方法**

分别于2011-2012年GS34、GS39、GS48、GS49和 GS71[16]；2012-2013年GS32、GS35、GS44、GS49和 GS71；2013-2014年GS31、GS35、GS45、GS49和GS71上午9至11点晴朗天气用叶绿素仪CCM-200 (Opti-Sciences, Hudson, USA)测定旗叶叶绿素含量。在GS45、GS49和GS71用LI-6400便携式光合仪（LI-COR Inc., Lincoln USA）测定旗叶光合速率。分别在GS35、GS45、GS49、GS71和GS80采集植株，在105°C下杀青30分钟后在80°C烘干至恒重测定干物质重。冬小麦成熟后，每个小区收获1 m2测定产量，随机选择20株，测定其粒数和千粒重，其中2011-2012年、2012-2013年和2013-2014年的总辐射分别为2803、2961和3245 MJ/m2(表 1)。

**1.4 数据分析**

用SPSS软件进行方差分析，用Sigmaplot10.0 (SPSSInc.，Chicago，IL)制图。

**2 结果分析**

**2.1 叶绿素含量指数**

由图 2可知，在GS31至GS71期间，CCI值呈现先降低后升高的趋势并在GS71达到最高（除2011-2012是在GS49达到最高外）。三年间在GS34，GS32和GS31，雨养条件下DD处理的CCI值显著高SS处理，SS、SD和DD的CCI三年平均值分别是41.01、41.07和42.01，DD处理的CCI高于SS处理。在GS71，DD比SS高6.76%（2011-2012）、9.63%（2012-2013）、3.19%（2013-2014）。在0 mm，90 mm和180 mm灌溉水平下的CCI分别是 41.61、42.35和42.07，90mm和180mm处理比0mm处理提高了1.78%和1.11%，表明灌溉能提高CCI值。



图2 不同灌溉量和种植方式对2011-2012年（A）、2012-2013（B）和2013-2014（C）不同生育期冬小麦叶绿素含量指数（CCI）的影响。

Fig. 2 Effects of different irrigation amounts and planting patterns on chlorophyll content index (CCI) of winter wheat at different growth stages in 2011-2012 (A), 2012-2013 (B) and 2013-2014 (C).

**2.2 净光合速率**

由图 3 可知，随着灌溉量增加，Pn也增加，0 mm，90 mm和180 mm处理的Pn三年均值分别是20.01、23.75和24.76 CO2/m2/s，90 mm和180 mm处理显著高于0 mm处理（P < 0.05）。在GS71，0 mm条件下SS、SD和DD处理的Pn值分别是18.88、18.48、20.95 CO2/m2/s（2011-2012）和11.51、11.67、13.27 CO2/m2/s（2012-2013），DD处理显著高于SS（P < 0.05）。三年结果表明，DD处理均值比SD和SS处理高6.10%和8.31%。2013-2014生长季的Pn相对较高，这与该生长季有较高的太阳辐射有关（表 1）。



图3 不同灌溉量和种植方式对2011-2012年（A）、2012-2013（B）和2013-2014（C）不同生育期冬小麦净光合速率（Pn）的影响，其中每栏不同字母表示差异显著（p < 0.05）。

Fig. 3 Effects of differernt irrigation amounts and planting patterns on net photosynthetic (Pn) of winter wheat at different growth stages in 2011-2012 (A), 2012-2013 (B) and 2013-2014 (C). the different letters in each column are significantly different according to P < 0.05.

表1 2011年10月至2014年5月冬小麦生长期月太阳辐射(MJ/m2)

Table 1 Monthly solar radiation (MJ/m2) in the growing season of winter wheat during October 2011 to May 2014.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Month | Oct | Nov | Dec | Jan | Feb | Mar | April | May | Total |
| 2011-2012 | 315 | 163 | 219 | 223 | 304 | 419 | 538 | 622 | 2803 |
| 2012-2013 | 390 | 278 | 220 | 232 | 260 | 431 | 561 | 589 | 2961 |
| 2013-2014 | 402 | 277 | 210 | 168 | 298 | 487 | 575 | 828 | 3245 |

**2.3 地上部干物质重**

通过2011-2014三年结果表明，从GS35到GS80期间，干物质含量随灌溉量的增加而增加（图 4），种植模式对生育期干物质含量有显著影响（P < 0.05）。在2011-2012生长季，SS处理的干物质量显著低于DD和SD处理（P < 0.05），特别是在GS45至GS80，DD处理高于SD处理。在2012-2013生长季，除了在雨养条件下的GS71，DD处理都显著高于SS处理（P < 0.01）。在整个生育期，DD和SD处理的干物质重高于SS（P < 0.05）。

三年试验结果表明，在GS35和GS45，不同灌溉水平对干物质含量影响不大，在0 mm，90 mm和180 mm灌溉条件下三年干物质平均值分别是965、1039和1050 g/m2，随灌溉量增加干物质量也增加。不同种植方式的干物质重顺序为DD > SD >SS，DD处理显著高于SS（P < 0.05）。



图4 不同灌溉量和种植方式对2011-2012年（A）、2012-2013（B）和2013-2014（C）不同生育期冬小麦干物质重的影响。

Fig. 4 Effects of different irrigation amounts and planting patterns on dry matter weight of winter wheat at different growth stages in 2011-2012 (A), 2012-2013 (B) and 2013-2014 (C).

**2.4 籽粒产量与产量构成**

随灌溉量增加，穗数、穗粒数、千粒重、干物质重和籽粒产量相应增加（表2）。灌溉处理，种植方式处理及二者的交互作用对穗数和籽粒产量均有显著影响（P < 0.01）。SS、SD和DD三年籽粒平均产量分别是724、763和781g/m2，DD和SD处理显著高于SS（P < 0.05），DD处理下的穗数，穗粒数分别比SS高 11.58%和 6.67%。在相同灌溉条件下，千粒重在不同种植方式下差异不显著（P > 0.05），然而，在雨养条件下，DD的千粒重显著高于SS（P < 0.05）。DD处理的籽粒产量分别比SS高 11.41%（0 mm）、4.66%（90 mm）和 8.14%（180 mm）（P < 0.05）。在90 mm灌溉量下，DD的穗粒数和籽粒产量显著高于SS， SD的穗数和籽粒产量显著低于DD（P < 0.05）。在180 mm灌溉量下，DD和SD的干物质重及籽粒产量显著高于SS（P < 0.05），不同种植方式对穗数、穗粒数和千粒重没有显著影响。DD种植方式下，90 mm灌溉处理籽粒产量比0 mm高 15.24%，180 mm灌溉比 90 mm高9.92%。灌溉和种植方式的互作对千粒重和干物质重没有显著影响（P > 0.05）。

表2 不同灌溉量（IA）和种植方式（PP）对冬小麦产量构成的影响

Table 2 Effects of different planting patterns (PP) and irrigation amounts (IA) on yield components and radiation use efficiency in winter wheat.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 灌溉量(mm) | 种植方式 | 穗数/m**2** | 穗粒数 | 千粒重(g) | 干物质重(g/m**2)** | 产量（g/m2） |
| 0 | SS | 589.7b | 27.1c | 37.0b | 1244c | 615c |
|  | SD | 593.6b | 31.7a | 37.6ab | 1344b | 646b |
|  | DD | 695.8a | 30.1b | 38.3a | 1417a | 686a |
| 90 | SS | 657.6a | 28.8b | 40.8a | 1399c | 755b |
|  | SD | 599.4b | 30.7a | 40.5a | 1507b | 767b |
|  | DD | 671.9a | 31.5a | 40.8a | 1581a | 790a |
| 180 | SS | 611.1b | 30.4a | 41.3a | 1477c | 803b |
|  | SD | 725.8a | 31.3a | 41.3a | 1617b | 888a |
|  | DD | 705.8a | 30.5a | 40.3a | 1683a | 868a |
| Source | |  |  |  |  |  |
| IA | | 0.0020 | 0.0983 | 0.0026 | 0.0001 | 0.0001 |
| PP | | 0.0019 | 0.0001 | 0.9451 | 0.0001 | 0.0001 |
| IA×PP | | 0.0059 | 0.0046 | 0.1708 | 0.9092 | 0.0001 |

说明：SS，SD和DD分别表示单-单行种植，单-双行种植和双-双行种植；IA和PP分别表示灌溉量和种植方式；每列不同小写字母表示差异显著（P < 0.05）。

Note: SS, SD and DD meant single-single row, single-double row and double-double row, respectively; IA and PP meant irrigation amounts and planting patterns; followed by the different letters in each column are significantly different according to P < 0.05.

由表 3可以看出，穗数、穗粒数与千粒重呈显著正相关关系（P < 0.05），千粒重与穗粒数呈显著正相关（P < 0.01），而与干物质重呈负相关关系。籽粒产量与穗数、穗粒数、千粒重和干物质重呈显著正相关（P < 0.01）。

表3 2011-2014冬小麦产量构成因子间相关系数分析

Table 3 The correlation coefficient between yield factors of winter wheat during 2011 to 2014

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 穗数/m**2** | 穗粒数 | 千粒重 | 干物质重 | 产量 |
| 穗数/m**2** | - | 0.4170\* | 0.4373\* | 0.1379 | 0.5795\*\* |
| 穗粒数 |  | - | 0.8736\*\* | 0.1669 | 0.5194\*\* |
| 千粒重 |  |  | - | -0.0132 | 0.5676\*\* |
| 干物质重 |  |  |  | - | 0.5982\*\* |
| 光能利用率 |  |  |  |  | 0.6748\*\* |
| 产量 |  |  |  |  | - |

说明：\*，表示相关性在0.05水平差异显著；\*\*，表示相关性在0.01水平差异显著。

Note: \* Correlation is significant at the 0.05 level, \*\* Correlation is significant at the 0.01 level.

**3 讨论**

叶绿素含量的定量研究为评价植物生理特性带来了便利[17]，Fang等[18]研究表明，叶绿素含量显著影响作物的产量。同时水分处理对其影响很大，当过量灌溉时，叶绿素含量会降低[19]。试验结果表明，随灌溉量增加CCI增加，但增幅下降。DD和SD处理的CCI高于SS，说明优化种植方式可以增加CCI。

在本试验中灌溉处理的干物质重要比不灌溉处理高，Lin等[20]研究表明，灌溉可以促进花前同化物向籽粒的转移，并且窄行种植可以通过提高玉米的干物质生产能力来提高产量。DD处理的干物质重显著高于SS，说明DD处理是有利于干物质生产的栽培方式。

Wu等[21]研究表明，水分胁迫对小麦开花期叶片光合速率具有负效应，会加速叶片衰老。试验结果表明，灌溉处理下的Pn高于雨养处理，前人研究表明，在小麦拔节期保持较高的Pn是获得高产的基础[22]。试验得出灌溉处理提高冬小麦旗叶Pn，从而提高籽粒产量，并且DD的穗数和穗粒数高于SS，籽粒产量与穗数、穗粒数、千粒重及干物质重呈正相关关系，这些都是产量形成的关键因素[23]。

**4 结论**

三年的研究表明，通过灌溉增加了冬小麦CCI、Pn、干物质重和籽粒产量。同时DD处理的籽粒产量显著高于SS；因此对于缺水的华北平原地区，90 mm灌溉结合DD种植对冬小麦生产更有利。

**参考文献**

1. Hasanuzzaman M, Hossain MA, da Silva JAT, Fujita M. 2012. Plant response and tolerance to abiotic oxidative stress: Antioxidant defense is a key factor. Venkateswarlu B, Shanker A, Shanker C, Maheswari M. (eds). Crop Stress and its Management: Perspectives and Strategies. Dordrecht: Springer: 261-315.
2. Mo XG, Hu S, Lin ZH, Liu SX, Xia J. 2017. Impacts of climate change on agricultural water resources and adaptation on the North China Plain. Adv. Climate Change Res. 8: 93-98.
3. Fang QX, Ma L, Green TR, Yu Q, Wang TD, Ahuja LR. 2010. Water resources and water use efficiency in the North China Plain: Current status and agronomic management options. Agric. Water Manage. 97: 1102-1116.
4. Cao X, Wu M, Guo X, Zheng Y, Gong Y, Wu N, Wang W. 2017. Assessing water scarcity in agricultural production system based on the generalized water resources and water footprint framework. Sci. Total Environ. 609: 587-597.
5. Kharrou, M.H., Erraki, S., Chehbouni, A., Duchemin, B., Simonneaux, V., Lepage, M., Ouzine, L., Jarlan, L. 2011. Water use efficiency and yield of winter wheat under different irrigation regimes in a semi-arid region. Agricultural Sciences, 2(3), 273-282.
6. Ierna A, Mauromicale G. 2018. Potato growth, yield and water productivity response to different irrigation and fertilization regimes. Agric. Water Manage. 201: 21-26.
7. Zhang Z, Mao XM, Zhong WW, Feng ZB, Zhou XB. 2017. Photosynthetic production of wheat under precision planting patterns in northern China. Biosci. J. 33: 1-9.
8. Mattera J, Romero LA, Cuatrín AL, Cornaglia PS, Grimoldi AA. 2013. Yield components, light interception and radiation use efficiency of lucerne (*Medicago sativa* L.) in response to row spacing. Eur. J. Agron. 45: 87-95.
9. Wang GY, Zhou XB, Chen YH. 2016. Planting pattern and irrigation effects on water status of winter wheat. J. Agric. Sci. 154: 1362-1377.
10. Han YY, Wang XY, Zhou XB. 2016. Precision planting patterns effect on growth, photosynthetic characteristics and yield of winter wheat under deficit irrigation. Int. J. Agric. Biol. 18: 741-746.
11. Liu T, Song F, Liu S, Zhu X. 2011. Canopy structure, light interception, and photosynthetic characteristics under different narrow-wide planting patterns in maize at silking stage. Span. J. Agric. Res. 9: 1249-1261.
12. Bilalis DJ, Travlos IS, Portugal J, Tsioros S, Papastylianou Y, Papatheohari Y, Avgoulas C, Tabaxi I, Alexopoulou E, Kanatas PJ. 2015. Narrow row spacing increased yield and decreased nicotine content in sun-cured tobacco (*Nicotiana tabacum* L.). Ind. Crops Prod. 75: 212-217.
13. Chauhan BS, Johnson DE. 2010. Implications of narrow crop row spacing and delayed *Echinochloa colona* and *Echinochloa crus-galli* emergence for weed growth and crop yield loss in aerobic rice. Field Crops Res. 117: 177-182.
14. Rao CNR, Chauhan Y, Douglas C, Martin W, Krosch S, Agius P, King K. 2015. Physiological basis of yield variation in response to row spacing and plant density of mungbean grown in subtropical environments. Field Crops Res. 183: 14-22.
15. Fahad S, Hussain S, Chauhan BS, Saud S, Wu C, Hassan S, Tanveer M, Jan A, Huang JL. 2015. Weed growth and crop yield loss in wheat as influenced by row spacing and weed emergence times. Crop Prot. 71: 101-108.
16. Zadoks JC, Chang TT, Konzak CF. 2010. A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Res. 14, 415-421.
17. Girma A, Skidmore AK, Bie CAJMD, Bongers F, Schlerf M. 2013. Photosynthetic bark: Use of chlorophyll absorption continuum index to estimate *Boswellia papyrifera* bark chlorophyll content. Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinformation, 23: 71-80.
18. Fang XM, Li YS, Nie J, Wang C, Huang KH, Zhang YK, Zhang YL, She HZ, Liu XB, Ruan RW, Yuan XH, Yi ZL. 2018. Effects of nitrogen fertilizer and planting density on the leaf photosynthetic characteristics, agronomic traits and grain yield in common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* M.). Field Crops Res. 219: 160-168.
19. Pirzad A, Shakiba MR, Zehtab-Salmasi S, Mohammadi SA, Darvishzadeh R, Samadi A. 2011. Effect of water stress on leaf relative water content, chlorophyll, proline and soluble carbohydrates in *Matricaria chamomilla* L. J. Med. Plants Res. 5: 2483-2488.
20. Lin P, Qi H, Li CF, Zhao M. 2016. Optimized tillage practices and row spacing to improve grain yield and matter transport efficiency in intensive spring maize. Field Crops Res. 198: 258-268.
21. Wu YL, Guo QF, Luo Y, Tian FX, Wang W. 2014. Differences in physiological characteristics between two wheat cultivars exposed to field water deficit conditions. Russ. J. Plant Physiol. 61: 451-459.
22. Ma SC, Wang TC, Guan XK, Zhang X. 2018. Effect of sowing time and seeding rate on yield components and water use efficiency of winter wheat by regulating the growth redundancy and physiological traits of root and shoot. Field Crops Res. 221: 166-174.
23. Prystupa P, Savin R, Slafer GA. 2004. Grain number and its relationship with dry matter, N and P in the spikes at heading in response to N×P fertilization in barley. Field Crops Res. 90: 245-254.

# “盈玉”余甘子新品种的选育[[12]](#footnote-12)

赵琼玲 金杰 段曰汤 罗会英 瞿文林 沙毓沧

**摘 要** 余甘子(滇橄榄)为卫生部审核颁布的“药食同源”植物，具有悠久的药用历史。为了给余甘子的加工利用提供优良的品种，对野生余甘子资源分布最多的省份-云南进行了野生余甘子资源调查、收集与筛选，经过初选、复选和决选，选育出了“盈玉” 余甘子优良品种，该品种果大，平均单果重38.4g；果肉厚11.7mm，适宜年均温度18-23℃，年均降雨量550-1000mm，日照时数大于或等于7600小时，海拔1100米以下红河、金沙江及澜沧江流域，排水良好，土层厚度50cm以上的阳坡、半阳坡、平地上均可种植。该品种于2016年通过了云南省林木品种审定委员会的审定，获得新品种保护。

**Abstract:** the *phyllanthus emblica* L fruit (yunnan olive) for the ministry of health issued by the ministry of audit "medicine food homology" plants, has a long medical history.To give *phyllanthus emblica* L fruit processing provides the fine varieties, more than on wild distribution of the most basic resources in yunnan province - the wild over the basic resource investigation, collection and screening, the primaries, check and runoff, breeding out of the "profits" jade more than the basic varieties, the goods fruitcake is large, the average weight of 38.4 g;Pulp thick 11.7 mm, annual average temperature is 18 to 23 ℃, annual average rainfall of 550-1000 - mm, sunshine time is greater than or equal to 7600 hours, at an altitude of 1100 meters below the red river, jinsha river and lancang river basin, good drainage and soil thickness more than 50 cm on sunny slope, half sunny slope, the ground can grow, the varieties in 2016 passed the forest tree species in yunnan province authorized committee of examination and approval, to obtain new varieties protection.

余甘子（phyllanthus emblica）[1]，又名滇橄榄,大戟科叶下珠属。其果实富含酚酸类化合物(没食子酸、单宁) [2]、黄酮[3]、多糖、维生素C、SOD、氨基酸[4]等成分，营养价值丰富，是云贵高原特色风味水果；同时，余甘子性凉、味甘、酸、涩,具有清热凉血、消食健胃、生津止渴的功效。临床医学证明余甘子具有抗肿瘤、抗锈变[5]，抗衰老、抗病原微生物[6]，降血脂和降血压，促使排铅、治疗糖尿病、控制和治疗胆道疾病[7]、消炎消毒、止泻止痛，治疗血热血淤、消化不良、腹胀、咳嗽、喉痛、口干的作用，是卫生部审核颁布的“药食同源”植物[8-9]，是国家《药典》没食子酸类药材的重要代表。亦是云南省人民政府《云南省生物医药和大健康产业发展规划(2016—2020年)》和《云南省生物医药和大健康产业发展三年行动计划(2016—2018年)》中优质的天然药物和健康产品药食两用重要特色资源。目前余甘子加工业，已从粗放的腌制、蜜饯、果脯加工发展到以保健品、饮料类和药品为主的综合加工和研制阶段，但生产原料来源均为野生余甘子果实。野生余甘子普遍存在果实偏小，色泽、整齐度差、纤维含量高，果肉维生素C偏低等特点，这直接制约了余甘子的产业发展。因此选育不同用途的的专用优良品种是余甘子产业健康发展的前提和唯一出路。

**1 选育过程**

云南省农业科学院热区生态农业研究所自2008年开始余甘子资源的收集、评价、选育工作，对云南、贵州、广西、福建、广东等省区进行余甘子资源的收集、评价工作。选育技术路线如下：

嫁接繁殖发现变异植株

无性扩繁

余甘子资源收集、保存

品种测试

新品种

2009年在野生余甘子资源分布最多的云南（迪庆州无分布）进行调查、收集。采集部位为枝条和果实。根据人们的生活习惯的实际需要以①树形完整，抗病虫性强。②果实在树冠的分布均匀情况。③果大、果实横径≥15.00mm；④涩味轻，回甘明显，化渣。来作为确定优良单株选育的标准。共收集资源148份，保存于云南省农业科学院热区生态农业研究所余甘子创新基地，每份资源保存3株，统一管理。

2010年通过对叶、花、果的植物学性状、品质性状观测，发现变异植株一份，一年生结果枝长而下垂，新生结果枝条为紫红色；花序紧凑，花萼颜色有紫红色晕，平均着生雄花数2115.2，雌花5.8；果实大似球形，黄绿色(具透明感)，最大单果重45.09g，平均单果重为38.43g；维生素C含量为459.6mg/100g，果肉无回甘，味微酸，化渣。2011年到2015年， 3次扩繁，共繁殖苗木200余株，嫁接成活率达90%。通过对60株嫁接苗木田间观测，与元谋本地野生种对照，发现其特异性明显，通过连续三代嫁接苗木观测与变异母本的各性状一致，无性繁殖能保持性状的稳定、一致性。该品种于2016年通过了云南省林木品种审定委员会的审定，获得新品种保护。

**2 主要性状**

**2.1植物学性状**

与云南野生余甘子相比，植株主干不明显，从基部到70-80cm处开始分化为3-4个主枝，一年生结果枝长而下垂(长为32.0cm)，结母枝嫩茎具绒毛、呈紫红色；叶片面积较其他品种大，叶尖钝圆；花序紧凑，花瓣带紫红色晕，雄花多，雌雄花比例小，果实大、扁圆形，果皮颜色黄绿色透明感，平均单果重38.4g；果肉厚11.7mm。化渣，多汁。

**2.2果实主要经济性状及化学成分**

“盈玉”余甘子单果重38.43g，果实横径41.3cm，果实纵径37.60cm，外果皮颜色为黄绿色具透明感，果面光滑无斑，腹缝线不明显，果肉厚13.18mm，可食率为92.58%，回甘不明显，味微酸，化渣，见表1。

表1：“盈玉”余甘子与对照主要经济性状

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 品种 | 单果重(g) | 果肉厚(mm) | 果色 | 口感 |
| 盈玉 | 44.79 | 17.83 | 黄绿色具透明 | 化渣，多汁 |
| 对照 | 3.45 | 5.55 | 绿色，果面有斑点 | 苦涩，有渣 |

“盈玉”余甘子优良无性系果肉含蛋白质258.3(mg/g 鲜重)，SOD263.72（U/g鲜重）,维C703.72(nmol/g 鲜重),总酸19.83(mg/g 鲜重),淀粉23.62(mg/g 鲜重),总糖44.6（mg/g鲜重），单宁1.85（mg/g鲜重），总酚22.62(mg/g 干重)，纤维素449.53（mg/g 干重）表2。

表2：“盈玉”余甘子与对照主要化学成分分析

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 蛋白质(mg/g 鲜重） | SOD（U/g鲜重） | 维C(nmol/g 鲜重) | 总酸(mg/g 鲜重) | 淀粉(mg/g 鲜重) | 总糖（mg/g鲜重) | 单宁mg/g鲜重) | 总酚mg/g 干重 | 纤维素（mg/g 干重） |
| 盈玉 | 258.3 | 263.72 | 703.72 | 19.83 | 23.62 | 44.6 | 1.85 | 22.62 | 449.53 |
| 对照 | 168.18 | 188.67 | 801.75 | 30.02 | 24.4 | 46.27 | 1.73 | 11.33 | 674.87 |

**2.3遗传测定的基本情况**

2011年在云南省元谋县苴林基地，大理宾川设置了试验地2块。在科学种植和精心管护下，种植第二年开始开花挂果。试验设计为区域试验与遗传测定同时进行。设计试验林5亩，按4x5m种植，每亩取3株，每株按“东、西、南、北”四个方向随机选取一年生结果枝，共计15亩。以当地种为对照，以第3年挂果量为初期产量，进行物候期观测和叶、花、果性状调查。

试验结果如下：

表3：2012-2014年与对照种的植物学性状对比

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 地点 | 年份 | | 2012 | | 2013 | | 2014 | |
|  | | 盈玉余甘子 | CK | 盈玉余甘子 | CK | 盈玉余甘子 | CK |
| 元  谋 | 测  定  项  目 | 叶片（长宽）(0.01cm) | 叶长14.32 叶宽3.76 | 叶长9.19 叶宽2.24 | 叶长14.32 叶宽3.76 | 叶长9.19 叶宽2.24 | 叶长14.32叶宽3.76 | 叶长9.19 叶宽2.24 |
| 雌花数 | 5.8 | 4 | 5.8 | 4 | 5.8 | 4 |
| 雄花数 | 2115.2 | 307.8 | 2115.2 | 307.8 | 2115.2 | 307.8 |
| 花序颜色 | 紫红色 | 淡黄绿色 | 紫红色 | 淡黄绿色 | 紫红色 | 淡黄绿色 |
| 宾川 | 叶片（长宽）(0.01cm) | 叶长12.89 叶宽3.86 | 叶长10.2 叶宽2.44 | 叶长16.4 叶宽2.6 | 叶长10.8 叶宽2.44 | 叶长14.52叶宽3.78 | 叶长8.73 叶宽2.15 |
| 雌花数 | 8.33 | 9.33 | 3.33 | 6.33 | 4 | 6.67 |
| 雄花数 | 2109 | 128.7 | 1830 | 203.3 | 2086 | 207.3 |
| 花瓣颜色 | 紫红色晕 | 淡黄绿色 | 紫红色晕 | 淡黄绿色 | 紫红色晕 | 淡黄绿色 |

试验结果表明：盈玉余甘子与对照相比，叶片面积大，花序紧凑，雄花多且花色鲜艳，花萼颜色差异明显。叶长模型Pr>F的值<.0001，R2=0.964283，该模型拟合得好，品种间差异显著，品种与地点存在互作。叶宽线性模型F=6.82，达显著。

表4：2012-2014年与对照种果实性状对比

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 地点 | 年份 | | 2012 | | 2013 | | 2014 | |
|  | | 盈玉余甘子 | CK | 盈玉余甘子 | CK | 盈玉余甘子 | CK |
| 元谋 | 测  定  项  目 | 单株产量（Kg/株） | 7.284 | 6.342 | 10.315 | 9.378 | 12.463 | 9.856 |
| 单果重（g） | 31.71 | 5.26 | 37.48 | 5.38 | 44.72 | 5.45 |
| 横径(mm) | 38.98 | 21.44 | 40.98 | 22.17 | 42.78 | 21.52 |
| 纵径(mm) | 35.98 | 19.95 | 37.50 | 20.95 | 40.34 | 20.12 |
| 果肉厚(mm) | 11.71 | 6.06 | 13.87 | 6.26 | 14.39 | 6.09 |
| 可溶性固形物（%） | 12 | 16 | 11.7 | 17.3 | 10.7 | 17 |
| 风味 | 酸味明显，涩味轻，无回甘 | 有淡回甘，涩味轻 | 酸味明显，涩味轻，无回甘 | 有淡回甘，涩味轻 | 酸味明显，涩味轻，无回甘 | 有淡回甘，涩味轻 |
| 宾川 | 单株产量（Kg/株） | 7.56 | 6.82 | 9.13 | 7.89 | 11.45 | 8.23 |
| 单果重（g） | 31.86 | 7.29 | 29.2 | 7.29 | 32.31 | 6.04 |
| 横径(mm) | 38.68 | 22.7 | 37.6 | 22.6 | 38.9 | 21.1 |
| 纵径(mm) | 34.65 | 21.4 | 33.5 | 22.4 | 34.9 | 19.4 |
| 果肉厚(mm) | 12.3 | 5.79 | 13.8 | 7.22 | 13.3 | 6.29 |
| 可溶性固形物（%） | 12 | 21.7 | 11 | 21.7 | 12 | 22.6 |
| 风味 | 酸味明显，涩味轻，无回甘 | 有淡回甘，涩味轻 | 酸味明显，涩味轻，无回甘 | 有淡回甘 | 酸味明显，涩味轻，无回甘 | 有淡回甘，涩味轻 |

从上表可看出，在同一管理条件下，盈玉余甘子平均单株产量呈稳定增长趋势。单果重模型Pr>F的值<.0001，R2=0.995917，该模型拟合得好，品种间差异极显著，品种与地点存在互作。

表5：2012-2014年与对照种的物候期观测对比

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 地点 | 年份 | | 2012 | | 2013 | | | 2014 | |
|  | | 盈玉余甘子 | CK | 盈玉余甘子 | CK | 盈玉余甘子 | | CK |
| 元  谋 | 测  定  项  目 | 树体萌动期(月日) | 2-15 | 3-11 | 2-20 | 3-19 | 2-19 | | 3-19 |
| 雄花始花期(月日) | 3-10 | 3-8 | 3-11 | 3-7 | 3-10 | | 3-8 |
| 雄花盛花期(月日) | 3-16 | 3-14 | 3-16 | 3-15 | 3-18 | | 3-14 |
| 雄花末花期(月日) | 3-28 | 4-2 | 3-25 | 4-2 | 3-28 | | 4-5 |
| 雌花始花期(月日) | 3-6 | 3-14 | 3-6 | 3-10 | 3-8 | | 3-14 |
| 雌花盛花期(月日) | 3-13 | 3-21 | 3-10 | 3-22 | 3-12 | | 3-20 |
| 雌花末花期(月日) | 3-20 | 3-31 | 3-18 | 3-28 | 3-18 | | 3-28 |
| 现果期(月日) | 6-16 | 5-20 | 6-12 | 5-22 | 6-15 | | 5-22 |
| 幼果期(月日) | 8-19 | 7-8 | 8-20 | 7-11 | 8-19 | | 7-12 |
| 成熟期(月日) | 12-21 | 11-10 | 12-19 | 11-12 | 12-25 | | 11-12 |
| 宾川 | 树体萌动期(月日) | 2-8 | 3-13 | 2-22 | 3-18 | 2-122 | | 3-15 |
| 雄花始花期(月日) | 3-10 | 3-11 | 3-14 | 3-10 | 3-8 | | 3-11 |
| 雄花盛花期(月日) | 3-16 | 3-16 | 3-17 | 3-14 | 3-10 | | 3-14 |
| 雄花末花期(月日) | 3-27 | 4-1 | 3-28 | 3-28 | 3-29 | | 4-1 |
| 雌花始花期(月日) | 3-6 | 3-11 | 3-13 | 3-10 | 3-8 | | 3-14 |
| 雌花盛花期(月日) | 3-9 | 3-13 | 3-15 | 3-13 | 3-11 | | 3-15 |
| 雌花末花期(月日) | 3-15 | 3-20 | 3-21 | 3-19 | 3-18 | | 3-23 |
| 现果期(月日) | 6-22 | 5-18 | 6-9 | 5-18 | 6-15 | | 5-18 |
| 幼果期(月日) | 8-08 | 7-11 | 8-13 | 7-14 | 8-18 | | 7-11 |
| 成熟期(月日) | 12-20 | 11-08 | 12-10 | 11-1 | 12-18 | | 11-8 |

结果连续的3年观测，物候期基本稳定。盈玉余甘子属于晚熟，比对照种晚29-40天。

通过连续3年对两个不同地方的观测，“盈玉”余甘子性状一致，通过嫁接繁殖具有高度的表型稳定性。

**3 “盈玉”的适宜种植区域及栽培技术要点**

盈玉余甘子适宜于云南年均温度18-23℃，年均降雨量550-1000mm,日照时数大于或等于7600小时，海拔1100米以下红河、金沙江及澜沧江流域种植。主要为无性繁殖(嫁接)，植株主杆不明显，枝条下垂明显，后期应注意树形的管理，树形以三主枝开心形为最佳，分枝高度60cm左右为宜。必要时用竹杆或其它树木作支架塑形。结果树着重于控制树冠向上向外推移，对超过30cm的永久枝进行摘心或短截，老树修剪重点是回缩更新，修剪部位要靠近主干、主枝，避免过快向外延伸，形成结果空膛，降低产量。

**4综合评价**

“盈玉”余甘子耐贫瘠、果实大，扁圆型，最大单果重45.1g，平均单果重为38.4g、果肉厚11.7mm，外果皮颜色为黄绿色具透明感，果肉多汁而化渣，涩味不明显。适宜年均温度18-23℃，年均降雨量550-1000mm，日照时数大于或等于7600小时，海拔1100米以下红河、金沙江及澜沧江流域，排水良好，土层厚度50cm以上的阳坡、半阳坡、平地上均可种植。



说明：上图为所申请“盈玉余甘子”与对照的果实对比图，‘盈玉余甘子’果大，平均单果重38.4g、果肉厚11.7mm。对照种果小，平均单果重6.1g、果肉厚6.1mm。

**参考文献**

1. 中国科学院《中国植物志》编辑委员会. 1994.中国植物志—大戟科[M]，北京：科学出版社：44(1):87.

[2] Sarmistha Saha,Ramtej J Verma.(2015) Antioxidant Activity of Polyphenolic Extract of Phyllanthus emblica against Lead Acetate Induced Oxidative Stress. Toxicol. Environ. Health. Sci. Vol. 7(1), 82-90

[3] Gulati RK, Agarwal S, Agrawal SS. Hepatoprotective studies on Phyllanthus emblica Linn. and quercetin. Ind J Exp Biol 1995;33:261-268.

[4] 刘晓丽,赵谋明.余甘子果汁活性成分与抗氧化活性研究[J].食品与发酵工业,2006,5:151-154.

[5] Calixto JB, Santos AR, Cechinel Filho V, Yunes RA.A review of the plants of the genus Phyllanthus: their chemistry, pharmacology, and therapeutic potential. Med Res Rev 1998;18:225-258.

[6] Unander DW, Webster GL, Blumberg BS. Usage and bioassays in Phyllanthus (Euphorbiaceae). Ⅳ. Clustering of antiviral uses and other effects. J Ethnopharmacol 1995;45:1-18.

[7] Ahmad I, Mehmood Z, Mohammad F. Screening of some Indian medicinal plants for their antimicrobial properties. J Ethnopharmacol 1998;62:183-193.

[8] 吴雪辉,谢治芳,王永芳.余甘子的功能特性及开发前景[J].食品研究与开发,2003,4:75-76.

[9] 师冰,徐榕雪,牛云壮,等.余甘子的现代研究和开发利用[J].云南中医中药杂志,2006,3:76-77.

# 橡胶树云南推广品种胶乳生理分析

杨 湉，李小琴，张凤良，赵 祺，胡永华，吴 裕\*

（云南省热带作物科学研究所，云南 景洪 666100）

**摘 要** 以“农业部景洪橡胶树种质资源圃”内的26个橡胶树云南推广品种（种质资源）为试验材料，测定胶乳中的蔗糖、硫醇、无机磷、干胶、总固形物含量，及其胶乳产量和橡胶树生长量，对数据进行相关性分析、主成分分析和聚类分析。结果表明，胶乳产量与胶乳中无机磷含量呈极显著正相关（*P*<0.01），与总固形物呈显著负相关（*P*<0.05），与干胶含量呈极显著负相关（*P*<0.01）。通过主成分分析筛选出7个优异种质资源，通过聚类分析筛选出1个优异种质资源和11个优良种质资源，用这两种分析方法建立了一种通过数值进行种质资源分类的方法。

**关键词** 橡胶树；种质资源；胶乳生理

中图分类号：S794.1 文献标识码：A

**Latex physiological Analysis of Promotion Rubber Tree varieties in Yunnan**

Yang Tian, Li Xiaoqin, Zhang Fengliang, Zhao Qi, Hu Yonghua , Wu Yu\*

*Yunnan Institute of Tropical Crops, Jinghong 666100, China*

[**Abstract**](javascript:void(0);)The 26 variety resources as experimental material, preserved in the “Germplasm repository of rubber Tree JingHong City”，Ministry of Agriculture. To determination of sucrose, mercaptan, inorganic phosphorus, dry glue, total solids content in latex and latex yield ,growth of rubber trees. The SPSS was used for data correlation analysis, principal component analysis and cluster analysis. Correlation analysis showed that inorganic phosphorus content in latex production of plant and latex production were very significant positive correlation(P<0.01)，and the total solids were significant negative correlation(P<0.05)，and dry rubber content were very significant negative correlation(P<0.01). the 7 excellent germplasm resources were selected by principal component analysis，and one specific germplasm resources and 11 good germplasm resources were select by cluster analysis.

**Key words** *Hevea* *brasiliens*is, germplasm resources, Latex physiological

基金项目：农业部橡胶树种质资源保护（151721301354052002-01）；云南省现代农业天然橡胶产业技术体系建设专项（2017KJTX008-01）；云南省热带作物科技创新体系建设专项（RF2017-1）

通讯作者：hhyyw20030105@126.com

橡胶树的胶乳是一种特殊的细胞质，通过测定其中的某些物理、化学及生化成分含量(胶乳诊断Latex Diagnosis)[1]，可以了解橡胶树的生理状况、产排胶生理特性和预测产胶潜力。1988年国际橡胶树采胶生理会上审定通过“橡胶树生理生化测试目录”，归纳了胶乳PH值、堵塞指数、蔗糖含量、硫醇含量、总固形物含量、干胶含量和无机磷含量、破裂指数等15个生理参数[2]。经过几十年的发展，以胶乳蔗糖、硫醇、无机磷、总固形物4种生理参数就能基本阐述胶树生理状况[3]。本文以“农业部景洪橡胶树种质资源圃”内的26个橡胶树云南推广品种（种质资源）为试验材料，测定其胶乳中的蔗糖、硫醇、无机磷、干胶含量、总固形物含量，及胶乳产量和橡胶树生长量，通过数据分析，拟从26个种质资源中筛选出优良的橡胶树种质。

**1 材料和方法**

**1.1 材料**

以“农业部景洪橡胶树种质资源圃”内2008年定植的26个橡胶树云南推广品种（种质资源）为试验材料。2017年10月开始割胶，树龄10年，割制S/2，d/3。

**1.2 样品采集与处理**

割胶后去掉前10滴胶乳，用5mL离心管进行采样（样品≧2mL）冰浴带回实验室作生理参数测定。取2支2mL离心管，分别加入0.2mL新鲜胶乳，加入1.8mL25g/L的TCA(三氯乙酸)＋0.1g/L的EDTA(乙二胺四乙酸)溶液[3]，经4℃8000r离心5min后，把同一个样品清液转移到一起用作蔗糖、无机磷、硫醇的测定[4]。割胶期间测2刀次胶乳产量，停割后测量茎围。

**1.3 胶乳生理参数的测定**

总固形物（TSC）：烘干法[5]。采样前把离心管称重（*W1）*；取样品后再称重（*W2*）。把离心管盖子打开置于烘箱中70℃烘至恒重（*W3*）。

TSC=（*W3*－*W1*）/（*W2*－*W1*）×100%。

干胶含量测定：采用DH925D型微波胶乳测试仪测定干胶含量。

无机磷含量测定：采用钼酸铵法[3]。

蔗糖含量测定：采用蒽酮试剂法。

硫醇含量测定：采用DTNB法[3]。

**1.4 数据处理与统计**

试验数据采用SPSS 17.0软件进行统计分析。

**2 结果与分析**

**2.1橡胶树种质资源群体变异分析**

表1 参试橡胶树种质资源胶乳生理参数、生长量和产量群体变异分析

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 测定指标 | 样本数 | 均值±标准差 | 变异系数/% | 变幅 |
| 无机磷 | 26 | 14.62±4.43 | 30.3 | 9.29～25.56 |
| 硫醇 | 26 | 0.69±0.12 | 17.4 | 0.49～0.99 |
| 蔗糖 | 26 | 26.74±14.90 | 55.7 | 9.77～59.23 |
| 总固形物 | 26 | 45.59±7.28 | 15.9 | 34.29～69.59 |
| 干胶含量 | 24 | 37.92±4.11 | 10.8 | 28.43～47.93 |
| 胶乳产量 | 25 | 172.88±120.74 | 69.8 | 30.0～485.0 |
| 茎围 | 26 | 55.38±4.91 | 8.9 | 45.0～63.0 |

26个橡胶树种质资源变异分析结果（表1）：无机磷、硫醇、蔗糖、总固形物、干胶含量、胶乳产量、茎围平均值依次为14.62mmol/L、0.69mmol/L、26.74mmol/L、45.59%、37.92%、172.88mL、55.38cm。变异系数大小排序为：胶乳产量＞蔗糖含量＞无机磷含量＞硫醇＞总固形物。胶乳产量变幅最大，最大值（485mL）是最小值（30ml）的16倍。

**2.2 橡胶树种质资源参数相关性分析**

表2 胶乳生理参数、生长量和胶乳产量的相关系数

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 参数 | 无机磷 | 硫醇 | 蔗糖 | 总固形物 | 干胶 | 胶乳产量 |
| 硫醇 | 0.242 |  |  |  |  |  |
| 蔗糖 | 0.119 | 0.624**＊＊** |  |  |  |  |
| 总固形物 | -0.151 | -0.621**＊＊** | -0.425**＊** |  |  |  |
| 干胶 | -0.472**＊** | -0.295 | 0.128 | 0.570**＊＊** |  |  |
| 胶乳产量 | 0.535**＊＊** | 0.315 | 0.242 | -0.438**＊** | -0.540**＊＊** |  |
| 茎围 | 0.419**＊** | -0.297 | -0.338 | 0.236 | -0.276 | 0.348 |

**注：＊＊**表示在0.01水平显著；**＊**表示在0.05水平显著。

相关性分析结果（表2）：无机磷含量与胶乳产量成极显著正相关，与茎围成正相关，与干胶含量成负相关；硫醇含量与胶乳产量成正相关，与蔗糖含量成极显著正相关，与总固形物成极显著负相关；蔗糖含量与胶乳产量成正相关，与总固形物成显著负相关；总固形物与胶乳产量成负显著相关，与干胶含量成极显著正相关；干胶含量与胶乳产量成极显著负相关。

**2.3 橡胶树种质资源参数主成分分析**

表3 参试橡胶树种质资源参数主成分分析

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 成分 | 初始特征值 | | | 成分 | | |
| 合计 | 方差% | 累计% |  | 1 | 2 |
| 1 | 2.826 | 40.373 | 40.373 | 无机磷 | 0.607 | 0.519 |
| 2 | 2.096 | 29.945 | 70.319 | 硫醇 | 0.693 | -0.536 |
| 3 | 0.836 | 11.945 | 82.264 | 蔗糖 | 0.425 | -0.680 |
| 4 | 0.496 | 7.084 | 89.348 | 总固形物 | -0.787 | 0.388 |
| 5 | 0.319 | 4.55 | 93.899 | 干胶 | -0.738 | -0.335 |
| 6 | 0.274 | 3.909 | 97.808 | 胶乳产量 | 0.775 | 0.328 |
| 7 | 0.153 | 2.192 | 100.000 | 茎围 | 0.176 | 0.841 |

从分析结果（表3）可以看出，用主成分分析法提取的第1个主成分特征值为2.826，方差贡献率为40.373%；第2个主成分特征值为2.096，方差贡献率为29.945%。前2个成分特征值均大于1，方差贡献率和为70.318%。因此，可选择前2个主成分来代替原来的7个变量来进行评价。从成分来看，无机磷、硫醇、胶乳产量对第1主成分有较大正向载荷，为第1主成分的主导因子；茎围、无机磷对第2主成分有较大正向载荷，为第2主成分的主导因子。

通过表3中成分矩阵可列出如下3个方程：y1＝0.607x1＋0.693x2＋0.425x3－0.787x4－0.738x5＋0.775x6＋0.176x7；y2＝0.519x1－0.536x2－0.680x3＋0.388x4－0.335x5＋0.328x6＋0.841x7；y=0.404y1＋0.029y2。利用方程y=0.404y1＋0.029y2，计算出26个橡胶树种质资源y值，将y值从大到小排列。排在前7位的种质资源分别是：云研80-1983、热研88-13、云研73-46、云研75-11、RRIM525、云研78-768、云研76-398。

**2.4 橡胶树种质资源胶乳生理聚类分析**

表4 参试橡胶树种质资源胶乳生理聚类结果

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 聚类 | 橡胶树种质 | 个数 | 频率/% |
| Ⅰ | 云研73-47、云研73-46、热研88-13、云研77-4、 | 4 | 15.4% |
| Ⅱ | 海垦2、RRIM600、RRIM603、INA873、云研277-5、RRIM501、RRIM623 | 7 | 26.9% |
| Ⅲ | 云研78-768、云研80-1983、云研76-39、RRIM524、热研7-33-97、云研75-11、RRIM525、云研75-1、云研77-2、PR228、GT1、RRIM523、PR107、云研76-235、云研68-273 | 15 | 57.7% |

对胶乳中无机磷、硫醇、蔗糖含量进行K均值聚类分析结果（表4），26个种质资源可分为3类：Ⅰ类为胶乳生理优异型种质资源，共4个，占试验品种的15.4%，无机磷、硫醇、蔗糖平均含量分别为15.84mmol/L、0.78mmol/L、54.42mmol/L；Ⅱ类为胶乳生理优良型种质资源，共7个，占试验品种的26.9%，无机磷、硫醇、蔗糖平均含量分别为15.09mmol/L、0.76mmol/L、33.65mmol/L；Ⅲ类为胶乳生理一般型种质资源，共15个，占试验品种的57.7%，无机磷、硫醇、蔗糖平均含量分别为14.08mmol/L、0.63mmol/L、16.14mmol/L。

表5 参试橡胶树种质资源7个参数综合聚类分析结果

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 聚类 | 橡胶树种质 | 个数 | 频率/% |
| Ⅰ | 云研80-1983 | 1 | 4.16% |
| Ⅱ | 云研78-768、海垦2、云研76-398、RRIM600、云研75-11、云研73-46、RRIM525、热研88-13、云研277-5、RRIM523、云研76-235、 | 11 | 45.8% |
| Ⅲ | RRIM603、RRIM524、热研7-33-97、INA873、云研75-1、云研77-4、云研77-2、GT1、RRIM623、PR107、云研68-273 | 12 | 50% |

利用橡胶树的胶乳产量、茎围和胶乳中无机磷、硫醇、蔗糖含量、总固形物、干胶含量7个参数进行聚类分析，把24个（干胶含量缺失2个）种质资源分为3类（表5）：Ⅰ类为优异种质资源，选出1个种质：云研80-1983，占试验种质总数4.16%，无机磷、硫醇、蔗糖、总固形物、干胶含量、胶乳产量、茎围平均值依次为21.82mmol/L、0.82mmol/L、18.60mmol/L、40.37%、28.43%、485.0ml、60.0cm，其中单株产量最高为610mL；Ⅱ类为优良种质资源，共11个种质，占试验品种总数的45.8%，无机磷、硫醇、蔗糖、总固形物、干胶含量、胶乳产量、茎围的平均值依次为16.49mmol/L、0.70mmol/L、27.46mmol/L、43.30%、36.62%、258.64ml、57.0cm；Ⅲ类为一般种质资源，共12个种质，占试验品种总数的50%，无机磷、硫醇、蔗糖、总固形物、干胶含量、胶乳产量、茎围的平均值依次为11.94mmol/L、0.66mmol/L、25.69mmol/L、47.63%、40.0%、80.17ml、52.83cm。

**3 讨论**

**3.1 橡胶树种质资源胶乳生理与产量的相关性**

无机磷是反映乳管系统代谢能力的重要指标，胶乳中无机磷含量高标志着胶乳稳定性好，胶乳代谢活性高和胶乳再生能力强[4-6]。许多研究表明，无性系胶乳中磷含量与产量呈极显著正相关（*P*<0.01）[2，7]。蔗糖是橡胶烃生物合成的原料，是橡胶树产胶潜力的重要指标。正常割胶的健康橡胶树，胶乳中蔗糖含量高标志着蔗糖供应充足，产胶潜力高[8]。同无机磷代谢水平下，蔗糖含量成为评价橡胶树产胶潜力的主要参数。无机磷、蔗糖含量高时橡胶树代谢旺盛、合成原料充足，蔗糖含量与产量之间呈显著正相关；而无机磷含量低时，蔗糖利用受到抑制，胶乳合成产量低，蔗糖含量与产量负相关[7]。本试验相关性分析表明，无机磷含量与胶乳产量成极显著正相关（*P*<0.01），蔗糖含量与胶乳产量成正相关。由此可见，参试橡胶树种质资源蔗糖含量、无机磷含量均储备充足，可通过增加割胶强度来增加产量。

硫醇是乳管细胞中重要的还原剂，硫醇含量高可以延长排胶时间，增加胶乳产量，含量过低可能会造成非酶促保护系统能力的减弱，从而导致死皮[9]。本试验相关性分析表明，硫醇含量与胶乳产量成正相关，与许闻献研究相一致[7]。

胶乳的干胶含量是反应胶树产胶潜力的重要指标，干胶含量过高会引起排胶困难，从而影响胶乳产量；过低则表明胶乳再生不足，采胶过度或乳管系统机能受损[9]。试验中因2017年前期橡胶树白粉病较重，中期雨水较多，后期才开始割胶，采胶强度低。胶乳干胶含量与胶乳产量表现出显著负相关。推测认为，产胶量低的橡胶树种质是因干胶含量过高引起排胶困难，以后产胶量应会有增加。

**3.2 橡胶树种质资源主成分分析及聚类分析**

对胶乳产量、茎围和胶乳中无机磷、硫醇、蔗糖含量、总固形物、干胶含量7个测定参数，通过主成分分析得到方程y=0.404y1＋0.029y2，计算出26个种质资源的y值，将y值从大到小排列，排在前7位的种质资源依次为：云研80-1983、热研88-13、云研73-46、云研75-11、RRIM525、云研78-768、云研76-398。对胶乳产量、茎围和胶乳中无机磷、硫醇、蔗糖含量、总固形物、干胶含量7个测定参数，通过综合聚类分析，把24个（胶乳产量缺失2个）种质资源分为三类：Ⅰ类为优异种质资源，选出1个种质（云研80-1983）；Ⅱ类为优良种质资源，共11个种质；Ⅲ类为一般种质资源，共12个种质。

用主成分分析方法得出的前7个种质资源，都包含在用聚类分析方法筛选出的12个种质资源里面，且两种分析方法筛选出最优良的种质资源都是“云研80-1983”。经查阅，云研80-1983为云南垦区2017-2020年天然橡胶优良品种推荐中的扩大试种级品种。说明用这两种分析方法对种质资源进行分类可靠性较高。

**参考文献**

[1] 杨文凤,吴明,校现周,魏小弟,刘实忠,罗实巧.橡胶树胶木兼优品种热垦525生理特性研究[J].热带农业科技.2015,35(6):1-4.

[2] 肖再云,校现周.巴西橡胶树胶乳生理诊断的研究与应用[J].热带农业科技2009,32(2):46-50

[3] 肖再云.橡胶树胶乳生理微诊断测定方法[J].热带农业科技.2005.25(6):29-31.

[4] 王岳坤,唐朝荣,秦云霞,戚继艳.橡胶树3种割胶制度的产排胶特性变化比较[J].热带作物学报,2012,33(7):1230-1234.

[5]黄德宝,秦云霞,唐朝荣.橡胶树三个品系（热研8-79、热研7-33-97和PR107）胶乳生理参数的比较研究[J].热带亚热带植物学报,2010,18(2):170-175.

[6] d'Auzac J,Jacob J L. The regulation of cis-polyisoprene production (natural rubber) from Heveabrasiliensis [J].Recent Research Developments in Plant Physiology 1997,1:273-332.

[7] 许闻献,潘衍庆.橡胶树产胶生理的研究进展—1988年国际采胶生理学术讨论会综评之一[J].热带农业科学,1990(1):79-84.

[8] d'Auzac J,Jacob J L,Chrestin H.Physiology of rubber tree latex,the laticiferous cell and latex-a model of cytoplasm[M].Boca Raton,Florida: CRC Press,Inc.1989:103,179-199,345-382.

[9] 杨少琼,范思伟.胶乳诊断及其初步应用(一)[J].热带作物科技,1993(4):14-17.

# 湛江农垦剑麻产业发展应对措施

黄香武1 ，文尚华1 ，骆争明1 ， 黄 标2

（1广东省湛江农垦局，广东 湛江 524022；2湛江农垦东方红农场，广东 雷州 524251）

**摘 要** 本文在分析湛江农垦剑麻产业存在问题的基础上，针对特色优势剑麻产业的现代发展需要，提出了包括加强剑麻科技创新体系建设、发挥剑麻专委会平台作用；定位剑麻为垦区主产业，借力农垦大改革之有利时机和支持政策，加快垦区剑麻产业结构调整和改革步伐，优化整合配置资源，培育新型经济体和产业服务体系，完善产业链条各环节功能配置及理顺工农贸利益关系；并通过创建省级剑麻产业园为平台，以及争创国家级现代剑麻产业园和中国特色剑麻优势区等项目带动，促进剑麻产业合理布局、科学升级和高效可持续发展，以及实施“走出去”发展战略等一系列措施，以全产业链发展推动产业做强、做优、做大，打造“国际一流，国内领先”的现代化剑麻产业集团。

**关键词** 湛垦剑麻、产业问题、应对措施

**主要内容：**

自2007年以来，由于外来生物新菠萝灰粉蚧及紫色卷叶病的危害，到2017年湛江农垦因病死亡或严重受害造成提早淘汰的剑麻累计总面积达8万亩，直接经济损失达2亿元，加上国际“金融风暴”影响、产业体制和经营管理滞后、产业龙头作用不强及技术进步缓慢等原因，导致剑麻产业规模缩小和效益欠佳，出现了垦区剑麻产业历史上最困难时期。

针对剑麻产业发展的问题，在上级和有关单位的大力支持下，湛江农垦积极采取了一系列应对措施，使剑麻产业“死起回生”，重现“春色”。主要发展应对措施如下：

**1、选育抗病种苗，有效控制了剑麻毁灭性病害。**从新菠萝灰粉蚧和紫色卷叶病为害严重麻田中筛选出抗病种苗，经表证试验示范，证明其抗紫色卷叶病相对稳定后，实施规模化无性繁殖种苗（主要应用第二、三代繁殖材料），同时研究其配套生产技术。近年来，全垦区累计繁育剑麻抗病苗1400万株，配套生产技术，已推广应用种植剑麻2.5万亩，取得了将紫色卷叶病平均发生率控制在3%以下的良好效果。这为垦区重建剑麻基地打下了坚实基础。

**2、组建团队，争取支持，合力攻关，为剑麻产业重振，提供了技术支撑。**在中国热带农业科学院易克贤、周文钊等领导专家的支持带领下，我们充分利用国家支农惠农政策，以剑麻专委会成员为基础，组建了全国剑麻产业科研团队，成功争取进入国家麻类产业技术体系，每年获得了稳定专项经费240万元的支持（其中约有100万元投入垦区剑麻的科研工作），加上垦区上级及地方政府支持的100万元，每年共约有剑麻科研经费200万元。重点开展剑麻粉蚧和紫色卷叶病发生流行规律及防控综合技术研究、剑麻主要病虫害监测与防控体系建设、剑麻种质资源收集评价及多用途开发利用研究、剑麻新品种选育试验、剑麻叶片加工渣水处理与综合利用研究、剑麻轻简栽培技术研究与集成示范推广和剑麻叶片采收设备研发等项目的科技攻关，并均取得了良好进展。这为垦区剑麻产业发展提供了科技支撑。

**3、发挥剑麻专业委员会平台作用，促进剑麻行业交流和协作发展。**剑麻专业委员会2013年12月在上海东华大学召开了委员及学术年会，以发展新会员入会方式初步完成了剑麻行业全国性代表组团工作，会上通过协商平衡了剑麻产业链条各环节的利益分配，实现剑麻纤维和叶片单价分别由每吨9000元和350元调升到12000元和450元，有效地保障了剑麻种植者的应有利益，对稳定剑麻工农业生产发挥了重要作用。2018年6月在中国热带作物学会正确领导和支持下，剑麻专委会在湛江成功召开了第六次会员代表大会暨2018年学术会议，会议选举产生了专委会新班子，研究交流了剑麻产业发展的热点、难点问题及对策，这对推动湛江垦区剑麻产业重振工作有着深远意义，同时对促进全国剑麻行业交流和协作也将发挥重要作用。

**4、借农垦大改革之东风，争取政策扶持，加快改革和资源优化重组，做强、做优、做大剑麻产业，全力打造现代剑麻产业集团。**湛江农垦确定剑麻为主产业地位，通过改组加强垦区剑麻龙头企业广东省东方剑麻集团，理顺剑麻种植、加工和销售各产业链层的利益关系，培育新型经济体和新增长点，加快剑麻产品供给侧结构改革和应市能力，以提高剑麻集团化管理运营效能，通过创建省级剑麻产业园为平台，争创国家级现代剑麻产业园、中国特色剑麻优势区和实施国家农业生产发展资金等项目及引导社会加大投入，同时配套加强剑麻产业服务体系建设（如信息、金融、保险等），实施“走出去”发展等系列措施，拟计划从2018年起，每年培育疏植抗病种苗300万株，新种剑麻10000亩，同时推进年产2万吨现代剑麻加工基地的建设。以全产业链发展推动产业做强、做优、做大，力争到“十四五”期间，垦区剑麻种植面积达10万亩，年均产叶片40万吨、直纤维1.8万吨、制品2万吨，剑麻生物制药及综合利用更上一层楼，国外剑麻基地上规模，使“国际一流，国内领先”的现代剑麻产业集团初步建成，实现年均总产值和利税总额分别达10亿元和1亿元以上的目标。

**作者简介：**黄香武，1974年9月出生，男，大学本科，农业推广硕士，高级政工师、农艺师。现任广东省湛江农垦集团公司（农垦局）常务副总经理、副局长，兼中国热带作物学会剑麻专业委员会主任，从事热带农业产业的计划、生产、科技、财务、项目及企业管理等工作。E-mail: 334243588@qq.com, tel: 0759-2620128

# 橡胶树魏克汉种质资源亲子代生长遗传规律分析

张凤良，李小琴，毛常丽，杨 湉，赵 祺，倪书邦，吴 裕\*

云南省热带作物科学研究所，云南景洪，666100

**摘 要** 以290份已知亲本的橡胶树魏克汉种质资源为材料，分析其亲子代生长性状的遗传变异情况。结果表明，父母本均速生的组合，多数F1代都能继承亲本的速生特性；亲本之一或两者生长较缓慢时，F1代出现速生的可能性较小；部分资源作为亲本时，只要其中之一速生，另一亲本生长中等，其F1代也能较好地继承亲本的速生性。建议今后橡胶树杂交育种亲本选择，应扩大其亲本类型，结合分子标记技术，建立高效的亲本选择技术。

**关键词** 橡胶树；速生性；亲子关系；遗传变异

**Genetic Analysis of Growth on Parental and Filial Generations from Wickham Germplasm Resources of *Hevea brasiliensis***

ZHANG Fengliang, LI Xiaoqin, MAO Changli, YANG Tian, ZHAO Qi, NI Shubang,WU Yu\*

*Yunnan Institute of Tropical Crops, Jinghong Yunnan,* 666100*, China*

**Abstract** Genetic variations of growth traits on parental and filial generations were analyzed with the materials of 290 samples germplasm resources of *Hevea brasiliensis* which parents were known. The results showed that the majority of F1 generation could inherit the parents' fast-growing characters when hybridized combinations of male and female parent were all fast-growing trees. If one or both parents were slow-growing, growth of F1 generation were mostly slow. Part of the resources as parents, as long as one of them was fast-growing, and the other was medium-growing, the F1 generation could mostly inherit the parents' fast-growing character. In the future, it is suggested to expand the parental type, combine the technology of molecular marker and establish efficiently parental selection technology for hybridization breeding of *Hevea brasiliensis*.

**Key words** *Hevea brasiliensis*; fast-growth; parenthood; genetic variation

橡胶树（*Hevea brasiliensis*）是原分布于南美洲巴西亚马逊河流域的野生树种，为典型的热带树种，由于是不可或缺的工业原料，19世纪后期在东南亚一些国家开始商业种植，我国于1904年开始引种种植。1954年，我国在海南、云南、广东等地开始规模化植胶，现已建成海南和云南两大橡胶生产基地。我国橡胶树选育种科研工作也在同步开展，至今已有60多年的历史，其间经历了从简单的引种选择利用到综合农艺性状同步改良的艰难历程，通过人工杂交选择育种实现了以自育品种为主的转变，至今共选育出了20多个自主橡胶树优良品种，并已种植覆盖了我国海南和云南植胶区，在广东雷州半岛也有种植[1-2]。进入21世纪，我国橡胶树选育种继续以抗寒、抗风、丰产稳产为主攻方向，同时新增了速生及木材质优的育种目标，更加注重速生早熟、高产稳产及生态适应性好的新品种选育。本文以保存于“农业部景洪橡胶树种质资源圃”内已知亲本的种质资源为材料，分析其亲子代生长性状的遗传变异情况，揭示橡胶树杂交育种的基本规律，为橡胶树杂交育种策略制定提供参考。

**基金项目** 农业部种质资源保护项目（No. 151721301354052002-01）；云南省应用基础研究计划青年项目（No. 2017FD230）。

**作者简介** 张凤良(1984—)，男，助理研究员；研究方向：橡胶树种质资源收集及遗传育种。E-mail: [512504431@qq.com](mailto:512504431@qq.com)。\*通讯作者（Corresponding author）: 吴 裕(WU Yu)，E-mail: [hhyyw20030105@126.com](mailto:hhyyw20030105@126.com)。

**1 材料和方法**

供试材料为保存于云南省热带作物科学研究所“农业部景洪橡胶树种质资源圃”内的已知亲本的290份橡胶树魏克汉（Wickham）种质资源，利用数据检索的方式，对供试资源的亲子关系进行核对，统计子代亲本来源及亲本使用情况，以亲本组合数较多的种质资源进行亲子代生长遗传规律分析。

**2 结果与分析**

**2.1 橡胶树魏克汉种质资源亲本使用情况**

种质资源圃供试的290份种质材料，亲本包含103份种质资源，其中亲本使用组合数不小于5次的种质资源有12份，占亲本总数的11.65%，说明以往进行人工杂交时虽选用了大量亲本，但大部分资源使用次数极少。本文以这12份种质资源作为亲本，分析其与子代在生长性状上的遗传规律。所选亲本主要来源包括国外的9份种质（占75.00%）及国内的4份。12份种质资源的8年生径围均值为52.47 cm，变幅47.00～59.50 cm，变异系数10.88%（表1）。

表1 12份橡胶树种质资源作为亲本使用情况及其年径围生长量统计

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 亲本 | 子代总数 | | |  | 径围生长量/cm | | | | | | | |
| 母本 | 父本 | 合计 | 组合 | 1a | 2a | 3a | 4a | 5a | 6a | 7a | 8a |
| RRII118 | 44 | 16 | 60 | 7 | 9.75 | 19.13 | 28.75 | 35.88 | 44.00 | 49.80 | 55.50 | 59.50 |
| 云研277-5 | 10 | 24 | 34 | 15 | 8.83 | 13.20 | 22.00 | 31.57 | 40.57 | 46.67 | 51.17 | 57.00 |
| IAN873 | 4 | 30 | 34 | 8 | 10.46 | 16.70 | 26.00 | 33.86 | 38.94 | 45.94 | 50.80 | 57.00 |
| GT1 | 100 | 0 | 100 | 20 | 8.07 | 13.47 | 20.33 | 28.53 | 36.10 | 41.97 | 47.67 | 54.67 |
| RRIM623 | 3 | 11 | 14 | 7 | 6.13 | 11.10 | 19.67 | 28.13 | 35.37 | 42.07 | 46.50 | 52.67 |
| 天任31-45 | 19 | 0 | 19 | 7 | 8.25 | 16.25 | 26.63 | 32.75 | 38.25 | 42.43 | 47.00 | 51.75 |
| RRIM600 | 31 | 9 | 40 | 15 | 11.08 | 17.15 | 25.10 | 30.23 | 34.63 | 40.25 | 45.25 | 51.75 |
| 南强1-97 | 6 | 0 | 6 | 5 | 8.00 | 13.88 | 22.38 | 26.88 | 35.75 | 41.85 | 46.63 | 51.25 |
| PB5/51 | 18 | 6 | 24 | 7 | 9.25 | 17.85 | 25.08 | 31.10 | 37.38 | 43.58 | 47.25 | 51.25 |
| RRIM501 | 4 | 10 | 14 | 6 | 9.70 | 15.43 | 22.60 | 27.70 | 31.90 | 39.83 | 46.33 | 50.33 |
| PB86 | 15 | 11 | 26 | 9 | 10.30 | 14.20 | 9.40 | 27.50 | 31.50 | 38.00 | 41.50 | 47.00 |
| 海垦1 | 1 | 4 | 5 | 5 | 5.00 | 8.40 | 18.00 | 26.90 | 33.00 | 38.25 | 42.00 | 45.50 |
| 均值 | 21.23 | 9.54 | 30.77 | 9.62 | 8.74 | 14.73 | 22.16 | 30.09 | 36.45 | 42.55 | 47.30 | 52.47 |
| 标准差 | - | - | - | - | 2.07 | 3.49 | 4.59 | 4.38 | 4.95 | 4.70 | 4.95 | 5.71 |
| 变异系数/% | - | - | - | - | 23.70 | 23.69 | 20.71 | 14.56 | 13.58 | 11.04 | 10.47 | 10.88 |

注：“母本”一栏是指该种质作为母本得到的子代总数；“父本”一栏是指该种质作为父本得到的子代总数；“组合”一栏是指该种质被用作亲本的次数。

**2.2 亲子代生长性状遗传规律分析**

2.2.1 以速生资源为亲本的生长遗传规律

作为亲本使用的12份种质中，RRII118、云研277-5和IAN873等3份较速生，现以此为亲本分析其速生性在子代群体中的表现。

1）以RRII118为亲本共涉及到7个杂交组合，依次为GT1×RRII118、RO42×RRII118、云研72-83×RRII118、RRII118×RO/PB/213/117、RRII118×RO42、RRII118×云研277-5、RRII118×云研72-83，其中正反交组合出现2组。

从对参试5个亲本的径围年生长量统计结果（表2，RO/PB/213/117种质圃内未保存）可以看出，组合中的另一个亲本RO42生长较慢，GT1生长中等，云研72-83和云研277-5生长较快，RO/PB/213/117未知。

表2 5个参试亲本径围年生长量统计（单位：cm）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 亲本 | 1a | 2a | 3a | 4a | 5a | 6a | 7a | 8a |
| RRII118 | 9.75 | 19.13 | 28.75 | 35.88 | 44.00 | 49.80 | 55.50 | 59.50 |
| GT1 | 8.07 | 13.47 | 20.33 | 28.53 | 36.10 | 41.97 | 47.67 | 54.67 |
| RO42 | 4.70 | 8.95 | 17.25 | 25.25 | 32.00 | 38.88 | 42.38 | 46.50 |
| 云研72-83 | 7.00 | 11.80 | 13.95 | 21.60 | 30.00 | 38.30 | 45.50 | 58.00 |
| 云研277-5 | 8.83 | 13.20 | 22.00 | 31.57 | 40.57 | 46.67 | 51.17 | 57.00 |

对以RRII118为亲本的杂交组合子代径围年生长量进行统计，结果（表3）显示，杂交组合RRII118×云研277-5和RRII118×RO/PB/213/117子代均值径围生长较快，其次为RRII118×云研72-83和云研72-83×RRII118（略大于均值），较慢的为GT1×RRII118和RRII118×RO42，对应的子代8年生时径围生长量变幅分别为50.00～63.75 cm、50.75～58.50 cm、47.38～57.33 cm、48.50～59.50 cm、48.23～54.37 cm和41.75～57.80 cm，2个正反交组合得到子代群体的径围生长量并无差异。结合表2，在以RRII118为亲本之一进行杂家组合选择时，另一个亲本也要速生，其子代杂交优势才能充分体现出来。

表3 以RRII118为亲本的杂交组合子代径围年生长量统计（单位：cm）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 杂交组合 | 1a | 2a | 3a | 4a | 5a | 6a | 7a | 8a |
| GT1×RRII118 | 6.13 | 9.25 | 17.63 | 24.88 | 32.03 | 39.88 | 45.38 | 50.25 |
| RO42×RRII118 | 9.44 | 14.41 | 22.53 | 28.92 | 34.31 | 40.20 | 45.89 | 50.38 |
| RRII118×RO42 | 9.08 | 14.25 | 22.25 | 27.06 | 32.95 | 39.90 | 45.45 | 49.27 |
| 云研72-83×RRII118 | 9.87 | 15.80 | 23.54 | 29.31 | 35.57 | 41.71 | 47.62 | 52.29 |
| RRII118×云研72-83 | 8.69 | 13.71 | 21.95 | 29.47 | 35.98 | 43.25 | 48.31 | 52.97 |
| RRII118×RO/PB/213/117 | 11.48 | 16.82 | 26.53 | 33.10 | 39.88 | 45.71 | 51.29 | 55.17 |
| RRII118×云研277-5 | 7.92 | 14.78 | 23.71 | 32.07 | 38.39 | 45.21 | 51.33 | 56.25 |
| 均值 | 8.94 | 14.15 | 22.59 | 29.26 | 35.59 | 42.27 | 47.90 | 52.37 |

2）以云研277-5为亲本共涉及到的15个杂交组合，其中8个组合子代数只有1个，本文对这8个杂交组合不做分析，另外的7个杂交组合分别为RRIM600×云研277-5、云研277-5×PB5/51、云研277-5×RRIM623、云研277-5×热研88-13、RRIC103×云研277-5、GT1×云研277-5和RRII118×云研277-5。

经对参试8个亲本的径围年生长量统计，从中（表4）可以看出，参试亲本除云研277-5外，仅有RRII118生长较快，其余种质生长均一般或慢。

表4 8个参试亲本径围年生长量统计（单位：cm）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 亲本 | 1a | 2a | 3a | 4a | 5a | 6a | 7a | 8a |
| 云研277-5 | 8.83 | 13.20 | 22.00 | 31.57 | 40.57 | 46.67 | 51.17 | 57.00 |
| RRIM600 | 11.08 | 17.15 | 25.10 | 30.23 | 34.63 | 40.25 | 45.25 | 51.75 |
| PB5/51 | 9.25 | 17.85 | 25.08 | 31.10 | 37.38 | 43.58 | 47.25 | 51.25 |
| RRIM623 | 6.13 | 11.10 | 19.67 | 28.13 | 35.37 | 42.07 | 46.50 | 52.67 |
| 热研88-13 | 8.82 | 15.37 | 23.28 | 29.82 | 35.79 | 41.96 | 46.33 | 51.89 |
| RRIC103 | 7.00 | 12.05 | 20.58 | 26.83 | 32.83 | 37.25 | 44.38 | 49.00 |
| GT1 | 8.07 | 13.47 | 20.33 | 28.53 | 36.10 | 41.97 | 47.67 | 54.67 |
| RRII118 | 9.75 | 19.13 | 28.75 | 35.88 | 44.00 | 49.80 | 55.50 | 59.50 |
| 均值 | 8.45 | 14.31 | 22.29 | 29.46 | 36.09 | 41.96 | 46.94 | 52.60 |

对以云研277-5为亲本的杂交组合子代径围年生长量进行统计，结果（表5）显示，以云研277-5为亲本的7个杂交组合子代群体径围生长一般，其中仅有杂交组合RRII118×云研277-5子代群体径围生长较快，其次为RRIC103×云研277-5和云研277-5×热研88-13，其余组合GT1×云研277-5、云研277-5×RRIM623、云研277-5×PB5/51和RRIM600×云研277-5等对应的子代群体生长均较慢。8年生时各组合子代径围生长量变幅分别为54.25～63.75 cm、51.00～59.75 cm、49.63～-57.75 cm、40.50～54.71 cm、40.00～47.38 cm、47.13～50.26 cm和44.33～50.00 cm。结合表4，与云研277-5形成组合的另一个亲本大多数生长处于中等，但多数子代未表现出速生性，表明其大多数子代均未继承云研277-5速生的优良特性，云研277-5虽生长较快，但用作亲本进行速生资源选择的效果并不好。

表5 以云研277-5为亲本的杂交组合子代径围年生长量统计（单位：cm）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 杂交组合 | 1a | 2a | 3a | 4a | 5a | 6a | 7a | 8a |
| RRIM600×云研277-5 | 8.65 | 13.70 | 20.63 | 26.22 | 32.08 | 37.48 | 42.58 | 46.67 |
| 云研277-5×PB5/51 | 6.96 | 11.10 | 19.38 | 27.31 | 33.15 | 41.00 | 44.94 | 47.69 |
| 云研277-5×RRIM623 | 5.43 | - | - | 23.69 | 27.81 | 33.58 | 39.34 | 43.22 |
| 云研277-5×热研88-13 | 7.63 | 14.44 | 22.94 | 30.06 | 37.13 | 43.40 | 48.50 | 53.69 |
| RRIC103×云研277-5 | 8.92 | 13.36 | 20.96 | 29.18 | 36.81 | 44.13 | 49.73 | 55.82 |
| GT1×云研277-5 | 8.19 | 13.19 | 22.49 | 30.02 | 36.04 | 41.87 | 46.49 | 51.83 |
| RRII118×云研277-5 | 7.92 | 14.78 | 23.71 | 32.07 | 38.39 | 45.21 | 51.33 | 56.25 |
| 均值 | 7.67 | 13.43 | 21.68 | 28.36 | 34.49 | 40.95 | 46.13 | 50.74 |

3）以IAN873为亲本的共涉及到8个杂交组合，其中有2个组合子代数只有1个，本文不对其分析，其余6个杂交组合分别为湛试692×IAN873、GT1×IAN873、IAN873×RRIM803、PB235×IAN873、PB310×IAN873和PB5/51×IAN873。

经对6个参试亲本径围年生长量统计（表6，湛试692种质资源圃内未保存），从中可以看出，参试亲本生长大多数处于中等或较快生长水平。

表6 6个参试亲本径围年生长量统计（单位：cm）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 亲本 | 1a | 2a | 3a | 4a | 5a | 6a | 7a | 8a |
| IAN873 | 10.46 | 16.70 | 26.00 | 33.86 | 38.94 | 45.94 | 50.80 | 57.00 |
| RRIM803 | 10.75 | 18.15 | 26.28 | 32.55 | 38.93 | 44.55 | 49.50 | 56.00 |
| PB235 | 10.97 | 19.43 | 25.53 | 32.60 | 36.23 | 40.70 | 48.33 | 55.00 |
| GT1 | 8.07 | 13.47 | 20.33 | 28.53 | 36.10 | 41.97 | 47.67 | 54.67 |
| PB5/51 | 9.25 | 17.85 | 25.08 | 31.10 | 37.38 | 43.58 | 47.25 | 51.25 |
| PB310 | 7.67 | 14.33 | 21.90 | 27.53 | 33.23 | 38.80 | 44.00 | 47.67 |
| 均值 | 9.53 | 16.66 | 24.19 | 31.03 | 36.80 | 42.59 | 47.93 | 53.60 |

对以IAN873为亲本的杂交组合子代径围年生长量进行统计，结果（表5）显示，以IAN873为亲本的6个杂交组合子代群体径围生长有4个超过53.00 cm，仅PB310×IAN873和湛试692×IAN873的子代群体生长量低于50.00 cm。6个杂交组合GT1×IAN873、PB5/51×IAN873、PB310×IAN873、PB235×IAN873、IAN873×RRIM803和湛试692×IAN873，8年生时各组合子代径围生长量变幅分别为49.00～64.33 cm、54.14～58.50 cm、37.00～41.80 cm、48.25～58.67 cm、55.75～61.40 cm和48.00～50.00 cm。结合表5可以看出，与INA873形成亲本组合的资源生长处于中等及以上水平，其子代较速生；但当组合的另一个亲本生长较慢，其子代生长也相应的较慢，IAN873的速生特性未被子代继承。

**表7 以IAN873为亲本的杂交组合子代径围年生长量统计（单位：cm）**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 杂交组合 | 1a | 2a | 3a | 4a | 5a | 6a | 7a | 8a |
| GT1×IAN873 | 8.97 | 15.65 | 24.59 | 32.30 | 38.09 | 44.63 | 49.54 | 53.39 |
| PB5/51×IAN873 | 8.11 | 14.70 | 23.63 | 30.86 | 37.38 | 44.47 | 49.59 | 56.32 |
| PB310×IAN873 | 7.64 | 10.23 | 14.33 | 23.28 | 26.39 | 31.22 | 35.57 | 39.40 |
| PB235×IAN873 | 9.00 | 14.51 | 20.81 | 27.60 | 35.22 | 41.41 | 48.13 | 53.85 |
| IAN873×RRIM803 | 9.23 | 16.14 | 25.34 | 35.16 | 42.86 | 49.62 | 53.73 | 60.56 |
| 湛试692×IAN873 | 1.67 | 8.40 | 17.67 | 27.27 | 34.33 | 40.83 | 44.33 | 49.00 |
| 均值 | 7.51 | 13.88 | 22.21 | 29.87 | 36.54 | 43.14 | 46.82 | 52.09 |

综上，由具有较强速生性的资源进行杂交组合，其子代一般都能继承亲本的速生性，但当杂交亲本之一生长中等或较慢时，其子代在继承亲本的速生性上表现出不同的基因型差异较大，所选择的3份种质中，IAN873的速生性在子代上表现较明显。

2.2.2 以生长中等或较慢资源为亲本的生长遗传规律 所选择的12份亲本资源中，RRIM600生长中等，PB86和海垦1等生长较慢，现以此为亲本分析其生长特性在子代群体中的表现。

1）以RRIM600为亲本的共涉及15个杂交组合，其中有6个组合子代数只有1个，本文不对其分析，其余9个杂交组合分别为湛试RRIM600×PB5/51、RRIM600×PR107、RRIM600×RO/PB/213/117、RRIM600×RRIM500、RRIM600× RRIM612、RRIM600×海垦1、RRIM600×云研277-5、RRIM600×云研72-729和南强1-97×RRIM600。

经对参试亲本的径围年生长量统计（表8，其中RO/PB/213/117 、RRIM500和RRIM612种质资源圃内未保存），结果除海垦1生长缓慢和云研277-5较快外，其余大部分种质资源生长中等。

表8 7个参试亲本径围年生长量统计（单位：cm）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 亲本 | 1a | 2a | 3a | 4a | 5a | 6a | 7a | 8a |
| RRIM600 | 11.08 | 17.15 | 25.10 | 30.23 | 34.63 | 40.25 | 45.25 | 51.75 |
| PB5/51 | 9.25 | 17.85 | 25.08 | 31.10 | 37.38 | 43.58 | 47.25 | 51.25 |
| PR107 | 9.25 | 14.90 | 24.25 | 32.15 | 38.33 | 45.75 | 50.25 | 55.25 |
| 海垦1 | 5.00 | 8.40 | 18.00 | 26.90 | 33.00 | 38.25 | 42.00 | 45.50 |
| 云研277-5 | 8.83 | 13.20 | 22.00 | 31.57 | 40.57 | 46.67 | 51.17 | 57.00 |
| 云研72-729 | 7.25 | 13.50 | 22.38 | 30.50 | 37.25 | 42.78 | 47.25 | 52.50 |
| 南强1-97 | 8.00 | 13.88 | 22.38 | 26.88 | 35.75 | 41.85 | 46.63 | 51.25 |
| 均值 | 8.38 | 14.13 | 22.74 | 29.90 | 36.70 | 42.73 | 47.11 | 52.07 |

对以RRIM600为亲本的杂交组合子代径围年生长量进行统计，结果（表9）显示，以RRIM600为亲本的9个杂交组合子代径围生长差异较大，均值为51.33 cm，变幅为47.63～60.33 cm。子代表现出较速生的3个组合，其亲本仅RRIM600生长已知，其余3个均未知，故不能进行评价；父母本均已知的组合子代生长较缓慢，但亲本中也有生长表现较好的，进一步说明，以RRIM600为亲本进行速生性资源选择，变异较大，且大部分生长缓慢。

表9 以RRIM600为亲本的杂交组合子代径围年生长量统计（单位：cm）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 杂交组合 | 1龄 | 2a | 3a | 4a | 5a | 6a | 7a | 8a |
| RRIM600×PB5/51 | 9.63 | 16.50 | 24.25 | 31.25 | 37.75 | 41.93 | 44.88 | 49.25 |
| RRIM600×PR107 | 7.34 | 12.82 | 21.05 | 29.09 | 35.35 | 40.84 | 45.81 | 49.79 |
| RRIM600×RO/PB/213/117 | 9.18 | 15.08 | 24.87 | 32.86 | 38.79 | 46.16 | 51.13 | 55.83 |
| RRIM600×RRIM500 | 11.33 | 18.37 | 27.50 | 34.83 | 42.43 | 47.60 | 52.50 | 56.17 |
| RRIM600×RRIM612 | 9.00 | 16.50 | 25.17 | 32.17 | 40.00 | 46.80 | 52.50 | 60.33 |
| RRIM600×海垦1 | 9.13 | 16.75 | 24.50 | 30.50 | 36.25 | 40.13 | 43.38 | 47.63 |
| RRIM600×云研277-5 | 9.10 | 13.70 | 20.63 | 27.13 | 33.77 | 39.10 | 44.17 | 49.33 |
| RRIM600×云研72-729 | 7.38 | 12.08 | 21.38 | 29.13 | 34.05 | 40.00 | 44.00 | 47.13 |
| 南强1-97×RRIM600 | 8.75 | 14.00 | 21.13 | 26.50 | 32.25 | 37.53 | 41.63 | 46.50 |
| 均值 | 8.98 | 15.09 | 23.39 | 30.38 | 36.74 | 42.23 | 46.66 | 51.33 |

2）以PB86为亲本的共涉及到9个杂交组合，其中有2个组合子代数只有1个，本文不对其分析。参试亲本中已知生长量的仅有2个，生长中等（表10）。

表10 3个参试亲本径围年生长量统计（单位：cm）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 亲本 | 1a | 2a | 3a | 4a | 5a | 6a | 7a | 8a |
| PB86 | 10.30 | 14.20 | 9.40 | 27.50 | 31.50 | 38.00 | 41.50 | 47.00 |
| RRIM501 | 9.38 | 14.88 | 22.10 | 23.90 | 27.30 | 39.75 | 46.38 | 50.50 |
| 云研72-729 | 7.25 | 13.50 | 22.38 | 30.50 | 37.25 | 42.78 | 47.25 | 52.50 |

对以PB86为亲本的杂交组合子代径围年生长量进行统计，结果（表11）显示，以PB86为亲本的7个杂交组合子代径围生长都较慢或处于中等，8年生时子代群体均值仅为47.19 cm，最高为51.94 cm。结合表10可以看出，两个生长较慢或中等的资源（其中之一为PB86）作为杂交亲本，其子代生长性状与亲本相似，子代生长均一般。

表11 以PB86为亲本的杂交组合子代径围年生长量统计（单位：cm）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 杂交组合 | 1a | 2a | 3a | 4a | 5a | 6a | 7a | 8a |
| PB86×F4542 | 7.25 | 14.23 | 19.90 | 27.45 | 35.18 | 40.40 | 45.00 | 48.25 |
| PB86×FA1717 | 8.00 | 12.85 | 20.25 | 26.20 | 33.20 | 40.50 | 44.50 | 48.00 |
| PB86×PilB84 | 6.92 | 11.32 | 19.67 | 25.30 | 30.10 | 36.73 | 41.33 | 46.83 |
| PB86×RRIM501 | 7.31 | 12.00 | 20.06 | 27.13 | 34.25 | 40.44 | 46.06 | 51.94 |
| PB86×合口1-33 | 7.43 | 14.93 | 22.86 | 28.00 | 32.86 | 36.90 | 40.50 | 44.43 |
| PB86×茅落24-3 | 4.25 | 10.50 | 16.50 | 22.38 | 27.25 | 31.35 | 35.63 | 39.38 |
| PB86×云研72-729 | 9.43 | 15.33 | 22.75 | 29.38 | 35.88 | 43.75 | 48.50 | 51.50 |
| 均值 | 7.23 | 13.02 | 20.28 | 26.55 | 32.67 | 38.58 | 43.07 | 47.19 |

3）以海垦1为亲本的共涉及4个杂交组合，为RRIM600×海垦1、海垦1×RRIM501、天任31-45×海垦1和PB235×海垦1。经对参试亲本的径围年生长量统计（表12），海垦1生长较慢，其余资源生长中等。

表12 5个参试亲本径围年生长量统计 （单位：cm）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 亲本 | 1a | 2a | 3a | 4a | 5a | 6a | 7a | 8a |
| 海垦1 | 5.00 | 8.40 | 18.00 | 26.90 | 33.00 | 38.25 | 42.00 | 45.50 |
| RRIM600 | 11.08 | 17.15 | 25.10 | 30.23 | 34.63 | 40.25 | 45.25 | 51.75 |
| RRIM501 | 9.38 | 14.88 | 22.10 | 23.90 | 27.30 | 39.75 | 46.38 | 50.50 |
| 天任31-45 | 8.25 | 16.25 | 26.63 | 32.75 | 38.25 | 42.43 | 47.00 | 51.75 |
| PB235 | 6.33 | 10.97 | 19.43 | 25.53 | 32.60 | 40.70 | 48.33 | 54.33 |
| 均值 | 8.01 | 13.53 | 22.25 | 27.86 | 33.16 | 40.28 | 45.79 | 50.77 |

对以海垦1为亲本的杂交组合子代径围年生长量进行统计，结果（表13）显示，以海垦1为亲本的4个杂交组合子代群体径围生长有2个超过57.00 cm，表现出较强的速生性，其余2个组合子代生长较缓慢。结合表12可以看出，海垦1虽然生长较慢，但与生长中等或较快的种质进行杂交时，其子代生长上表现出极强的超亲现象。

表13 以海垦1为亲本的杂交组合子代径围年生长量统计（单位：cm）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 杂交组合 | 1龄 | 2a | 3a | 4a | 5a | 6a | 7a | 8a |
| RRIM600×海垦1 | 9.13 | 16.75 | 24.50 | 30.50 | 36.25 | 40.13 | 43.38 | 47.63 |
| 海垦1×RRIM501 | 6.75 | 13.63 | 23.00 | 29.00 | 40.00 | 47.95 | 52.38 | 57.38 |
| 天任31-45×海垦1 | 6.89 | 13.13 | 19.83 | 26.25 | 32.07 | 36.50 | 39.87 | 43.46 |
| PB235×海垦1 | 8.16 | 13.50 | 22.43 | 31.60 | 39.74 | 47.00 | 52.21 | 57.43 |
| 均值 | 7.73 | 14.25 | 22.44 | 29.34 | 37.01 | 42.89 | 46.96 | 51.47 |

以GT1、PB5/51、RRIM623、RRIM501、天任31-45及南强1-97为亲本之一的组合未再一一作分析，这些亲本生长中等，文中分析的结果中均有涉及这些种质资源，总结得出，生长中等或偏慢的资源选作亲本，其子代的生长一般很难超亲。

**3讨论**

虽然橡胶树杂交育种现取得了极大成功，但仍面临着较大的问题和挑战。“农业部景洪橡胶树种质资源圃”保存的魏克汉种质资源数量较多，亲本使用较复杂，其绝大多数资源来自RRIM600、GT1、PB86、PR107、PB5/51、IAN873和云研277-5等的子代，其中云南自育品种的64%来自RRIM600、GT1、PB86、PR107 [3-4]。这一现象的发生，一方面是因橡胶树育种周期较长，另一方面则是由于制定育种的策略较为单一。

橡胶树81´IRRDB种质资源野生种质遗传多样性较魏克汉种质更丰富，其中速生资源的表现尤为突出，这可能是因为长期自然选择的结果，加之保存种质数量庞大，其利用潜力也巨大[5-7]。杨少斧等利用早花的速生野生种质为父本，以GT1无性系为母本，所得子代均表现出少数生长低于RRIM600，其余生长良好[8]，具有较大的利用价值，但目前对其利用的报道较少。应加强对81´IRRDB种质资源的鉴定、评价和利用的研究，在进行亲本选择时，如充分利用已鉴定出的81´IRRDB种质资源与魏克汉种质资源结合，可能对橡胶树的育种进程有较好的推动作用。

本研究结果显示，以RRIM600、GT1、PB86等为亲本，其子代生长中等或较慢，以这几个资源作为父母本之一，即使另一个父母本速生，其F1速生出现的概率也较低。通常，父母本均速生的组合，一般F1代均能继承亲本的速生特性，如RRII118×云研277-5、IAN873×RRIM803等。部分速生种质资源，只要组合亲本稍具速生性，其F1代就能继承亲本的速生性，如IAN873，这类型资源应是今后以速生为目标进行杂交育种作亲本选择时需重点关注的对象。

**参考文献**

[1]黄华孙.中国橡胶树育种五十年[M].北京:中国农业出版社,2005.

[2]吴春太,李维国,高新生,等.我国橡胶树育种目标及发展策略探讨[J].南方农业学报,2009, 40(12):1633-1636.

[3]李国华,吴裕,肖桂秀.云南种植橡胶树品种性状传递遗传分析[J].热带农业科技, 2010, 33(1):5-8.

[4]毛常丽,吴裕,张凤良,等.云南保存橡胶树魏克汉种质资源亲子系谱分析[J].植物遗传资源学报,2015, 16(6):1206-1213.

[5]胡东琼,郑学勤,曾宪松,等.野生橡胶新种质资源研究初报[J].热带农业科学,1988(1):1-5.

[6]敖硕昌,和丽岗,肖桂秀.巴西橡胶新种质鉴定及利用研究初报[J].热带农业科技,2000(4):1-3.

[7]张凤良,毛常丽,胡永华,等.云南保存橡胶树部分种质资源干形及分枝变异分析[J].植物遗传资源学报2014,15(3):534-539.

[8]杨少斧,肖桂秀,张琴华,等.巴西橡胶新种质杂交一代的第一次选择[J].热带农业科技,1994(3):11-13.

# 他山之石 可以攻玉 广西农垦考察之行助推农产品深加工新业态新模式发展

**作者简介：**程隆，男（1984-），广西罗城人，农艺师，2010年毕业于海南大学农学（观光农业方向），大学本科，现任湛江农垦现代农业公司企划部部长，从事热带经济作物栽培技术推广与管理、农产品加工业技改项目管理等工作。QQ：1027165813，电话：13553499864.

**摘 要** 党的十八届五中全会提出的五大发展理念“创新、协调、绿色、开放、共享”，十九大报告提出“实施乡村振兴战略”如何实现一二三产业融合，发展好休闲观光农业是湛江农垦的一项新课题，应以“创新、协调、绿色、开放、共享”为主基调，以“生产、生活、生态”为核心。2017年是湛江农垦“十三五”发展规划开局之年、是落实《中共中央国务院关于进一步推进农垦改革发展的意见》关键之年，也是公司成立谋求生存，持续发展的关键之年。为进一步加快公司业务板块建设，完成阶段性目标任务，这两年来笔者有幸跟随公司班子领导先后2次前往广西农垦农产品深加工业参观学习。经过系列的实地参观、田间车间访问、座谈交流，了解到广西农垦在现代农业发展路上，已摸索出了一条适合当地特色的农业发展之路，这对我公司下一步开展各项业务有着重要意义和借鉴价值。

**第一站：广西胡萝卜之乡——东湖农场**

**一、东湖农场概况**

东湖农场是广西农垦属下一家全民所有制国有企业，成立于1958年，地处广西交通枢纽宾阳县境内重镇---黎塘镇，农场面积1.25万亩，耕地面积9000亩，干部职工3000人，75%为越南归侨，经营范围包括农业种植、畜牧、水产养殖、农副产品销售、零售业等，其中建有广西最大最优质胡萝卜生产基地，产品远销海内外，著有“广西胡萝卜之乡”称号。

**二、调查内容分析**

**（一）胡萝卜种植的立地条件**

通过深入田间地头走访，该场正值胡萝卜采收期，其果外观直挺、匀称光滑、色泽橙红、水分充足。土壤类型为砂壤土，疏水透气，ph值在5.5-6之间。可见，胡萝卜对土壤的要求很高，黏重酸性土壤对胡萝卜根型生长极为不利，易造成烂根、果实不匀称、色泽暗斑等直接影响售价。因此，在垦区农场基地选址上，我们要选择地势平缓、耕层深厚、质地疏松、土壤肥力中上、水肥条件好，靠近水渠的地块。

**（二）胡萝卜种植的规模化**

走访得知，该场在产业定位上不断摸索，历经了“水稻种植—木薯种植--水果种植—蔬菜种植”的种植发展史。通过农场的引领示范作用，职工在种植农作物经济效益对比中，更倾向于胡萝卜种植。 2007年至今以来以职工承包土地自主种植的胡萝卜达到最大规模近6000亩，辐射带动周边农村发展胡萝卜种植面积近2万亩。

**（三）胡萝卜种植无公害化**

该场从整地、选种、种植、田管到收获，制定和推广严格种植标准，采用农家肥、拮杆粉碎回田及生物有机肥无公害标准化生产。选种上，结合区域自然条件、农艺性能、市场需求等因素选择主栽品种---（早熟：红金喜；中晚熟：红帝大根、中秋红），其四个生长时期，历时110—150天。一般根据气候在4月播种早熟，秋季收获；9至10月上旬播种中晚熟，冬春季收获，平均亩产约6吨，示范区达8吨。

**（四）胡萝卜销售市场化运作**

该场每年胡萝卜成熟收获期，大批商家老板到田间地头主动收购胡萝卜，农场以市场为导向，通过建档固定与30个收购商签订收购合同。这其中不仅是胡萝卜有可靠的质量，更得益于得天独厚的地理环境，该场从土壤到地下水源均富含铁、锌等矿物离子，致胡萝卜果质脆嫩、色泽橙红 ，产品独特，提升了产品市场竞争力。同时，职工为老板采摘、清洗、搬运打工，又额外增加了经济收入。



**（五）胡萝卜产业发展新型化**

该场经过多年的不断摸索，“十三五”目标以发展果蔬生产、综合加工为主，建设相配套工业园区、批发市场，通过工业和物流及第三产业的发展加快带动城镇化进程，重点培育商贸物流和新型生态观光旅游业，打造东湖农场特色旅游品牌，培育胡萝卜产业从生产型向经营型转变，力争成为农场经济新的增长点。

**（六）胡萝卜成本效益对比**

以该场近几年胡萝卜生产成本为例，从耕地、选种、种植、田管、采收到运输各环节成本，共计约3500元/亩，亩产平均6吨，市场价0.3元/斤即止亏损。据该场提供的市场行情，近年来胡萝卜田头收购价为0.5—1元/斤，今年价格波动较大，其中年前1元/斤，但年后仅为0.2-0.3元/斤幅度，实属罕见，但该场表示加强管理，提高亩产量，适度发展胡萝卜种植前景仍然可观。

**三、胡萝卜种植面临问题的几点做法**

**（一）土壤地力下降**

走访得知，该场发展胡萝卜种植10年来，由于经济效益可观单一作物连年耕作，土壤地力下降较重，急需改良，具体做法有：一是深耕细作、早耕多翻、晒土杀菌；二是轮作，如胡萝卜收获后种植白菜、青瓜、西瓜、彩椒等；三是增施有机肥、生物肥、农家肥、滤泥等。

**（二）病虫害防治**

胡萝卜主要的病虫害有：黑斑病、软腐病、白粉病、霜霉病、根结线虫和蚜虫。该场为保障来之不易的绿色无公害蔬菜品牌，引导职工按照“预防为主，综合防治、统防统治”方针：一是农业栽培防治，选用高抗、多抗品种；二是物理防治，利用太阳光照射、温汤浸种杀菌，采用频振式杀虫灯、黄诱板诱蚜；三是杜绝化学农药防治，推广应用Bt、苦参碱等微生物源和植物源等新型生物防治。

**（三）深加工产品**

经过走访农场和查阅相关资料，当前国内胡萝卜产业面临的最大颈瓶发展是产品深加工业，其产品一般有：胡萝卜浓缩汁、饮料、罐头、脱水胡萝卜干颗粒等。但该场的胡萝卜深加工产品尚为空白，且国内有报道的多为小规模的胡萝卜脱水厂，加工的多为外形卖相较差、断裂不完整的胡萝卜，脱水处理后供应方便面厂商。因此，我公司若要大力发展胡萝卜产业，上级政策和资金扶持的同时，当前垦区控股的丰收菠萝罐头厂这一资源优势，如何增加胡萝卜深加工、产品绑定出口等方面值得我们远思谋虑。





**（四）互联网品牌建设**

当今信息爆炸的时代，信息就是机遇，蕴藏着无限价值。该场在胡萝卜品牌注册、电商销售上仍起步阶段。为此，若我公司发展胡萝卜产业，应充分利用互联网络资源，纳入“湛垦佳农”旗下品牌体系，做到胡萝卜产品的高规格销售化及中央厨房配送，提升知名度和市场竞争力，同时提前做好基地建设规划，力争将胡萝卜种植融合垦区一二三产业发展，集采摘、观赏、科普于一体，促产业注入鲜活生命力。

**四、从立地条件的几点启示**

**（一）地理地貌状况**

该场地处宾阳县域南部，东临黎塘镇，北毗邻王灵镇，西连接大桥镇，桂海高速路口，南广高铁穿过场部，距高铁站、火车站8公里，至县城30公里。其得天独厚的地理和交通条件为胡萝卜运输销售提供了良好的保障。因此，我公司建立胡萝卜种植基地选址务必考虑产品交通运输要素，即靠近公路、铁路、港口码头等区域。

**（二）土壤气候状况**

该场地处亚热带高温多雨多湿，沙壤土质ph值在5.5-6之间，地势平缓连片、耕层深厚、质地疏松、土壤肥力富含铁矿石，为胡萝卜橙红色泽打下了天然优质条件。从这一因素看，结合湛江垦区实际，徐闻、雷州片农场土壤ph值偏酸性且旱期较长，在广前公司或晨光等北片农场发展胡萝卜种植是首选之地。

**（三）水利设施状况**

该场地下水资源丰富，富含各种矿物离子，基地地上水利设施一流，主要是利用中央财政资金打井建水塔，再通过滴灌微喷的形式，水肥一体化深入田间地头，覆盖率达100%，为胡萝卜的优质生产提供了强有力的保障。因此，要充分利用好我垦区各农场山塘、水库、水井水塔等水利资源，为产业发展提供强有力水源保障。

**（四）机械化状况**

该场土地经营主要是职工承包模式，且较为分散经营，经济力量不足，大规模设备投入与产出的不匹配，致机械化程度不高，机械化种植和收获未摸索合适机型，仍靠人工种植、采收和装车。因此，若规模化种植，机械化引进和适度改装广垦农机公司属下各类型设备，开展机械全程化发展，将成为公司下一步面临和考虑的问题。

**（五）产品销售状况**

从该场领导“种得好，不如卖得好”的一句话，反映了该场在产品销售环节的苦恼。结合当前生产资料及人力物价，胡萝卜收购价在0.3元/斤以上即盈利。可见，营销环节是产业发展赖以生存的生命线，我公司下一步务必坚持传统与现代营销方式相结合，加强市场信息服务，积极发展“互联网+”营销模式，以“卖得好”倒逼“种得更好”为主线，实现从“种得好”向“卖得好”转变，为稳定市场预期和收购商提供强有力的支撑。

**（六）深加工厂状况**

该场的产品深加工业目前主要靠传统的收购商老板简易加工方式，即由收购商从田头运输到厂房进行清洗--分拣--包装--冷藏--运输--对接市场。这一模式直接导致胡萝卜产品价被收购商控制，无法直接对接市场。该场下决心建设自有加工厂，目前在建6000立方、可冷藏3000吨量的加工厂。因此要想发展壮大产业，除了建立种植基地，必须建有相配套的深加工厂，通过冷链冷库仓储和研发产品深加工，延伸产业链，避开产品丰收期和价格低迷期，提升产品生命力和市场竞争力。

**五、垦区胡萝卜种植发展之路**

通过对东湖农场发展胡萝卜产业现状的分析，就我公司发展胡萝卜种植前期2至3年以建立基地、打开市场、鲜卖为主，后期结合产业情况适度延伸其发展之路，浅谈几点关键技术对策。

**（一）优选良种，合理轮作**

根据胡萝卜生长特性及湛江垦区气候状况，胡萝卜早造4月份种植，8 -9月成熟收获期，而每年此时正值高温多雨及台风等恶劣天气，极易造成胡萝卜严重干旱或泡水烂果，影响品质；而秋季9-10月种植,第二年春节前收获，正值全国胡萝卜需求量大、供不应求期。因此，解决这一技术难题尝试两种做法，一是主推早熟高产高抗优质反季节品种；二是合理轮作，降低种植风险，提升土地利用率，即一年单造种植模式——秋季种植，春季轮作夏繁蔗种、花生等。

**（二）主推农机农艺相配套技术**

胡萝卜种植是劳动密集型栽培作物,存在生产季节性强、用工多、劳力大、作业效率低等问题,尤其是在种植与收获环节。可尝试以下几种做法：一是资源共享，充分利用广垦农机开展机械化耕作；二是结合中央财政资金，合理合规购买农机具进行作业生产；三是农机农艺相结合种植技术：一垄种两行，垄距53cm，垄顶宽30cm,垄底43cm,垄高15cm，小行距8-12cm；一垄种四行，垄距110cm，垄顶宽90cm,垄底100cm,垄高20cm，小行距12-18cm。经科学数据论证及当前行业主推技术，以上两种模式可通用一种机械进行作业，且商品产量高、效益好，可作为垦区优先引进推广。







**（三）产品产业链研发**

胡萝卜深加工业是产业发展壮大的至关因素，其种植规模与深加工厂形成正比关系，一定比例的规模面积配套相应的规模深加工厂。在垦区发展胡萝卜产业还未形成气候的前期，为走出小规模种植困境，探索以下几种做法：一是购买简易清洗初加工设备，或通过市场租赁的方式进行来料加工--冷藏--储存--物流；二是充分挖掘垦区菠萝罐头厂资源优势，适当升级和引进设备对产品进行研发，如加工胡萝卜汁饮料、胡萝卜干、胡萝卜粉、胡萝卜腌制品等；三是积极与广垦畜牧公司及湛江地区畜牧业进行项目合作，利用胡萝卜维生素Ａ含量高的优势 ,挖掘其青贮功能，粉碎晒干作为家畜冬春季青绿饲料喂猪、牛、羊、鸡等。 

****

**（四）“农业+旅游业”深度融合**

借鉴当前国内外休闲业发达地区“一片果园就是一个景区， 把农庄当景点建，把农业基地当公园办”的技术模式，结合中央一号文件及中国农垦改革意见，在垦区发展胡萝卜探索几点做法：一是创新基地规划，助推第一产业更好为第三产业铺垫，把农业生产、科技应用、艺术加工和游客参与融为一体；二是品种结构合理布局，分区域性种植白、黄、橙、橙红、紫黑色等颜色各异的品种，使各区域错开主题、各具特色、协同发展；三是融合垦区科研所大棚设施农业、核心区景区、各产业示范园，构筑旅游长廊经济带，为休闲农业旅游筑牢基础、赢得更多关注；四是收获季节将胡萝卜作为观赏品，举办“胡萝卜文化节”，同时，结合湛江垦区年度红江橙开摘节、采茶节、菠萝文化节等形式多样的活动，大力宣传将萝卜种植观光采摘逐渐演变成为集文化交流、经贸洽谈、旅游观光于一体的综合性种植采摘游。









**第二站：上林速度——大明山万古茶园景区**

**一、万古茶园概况**

万古茶园隶属广西农垦国有大明山农场，1956年3月国家为安置转业官兵而建立。位于上林县明亮镇万古村境内，距县城12公里，距南宁市78公里，占地900亩，园内居住职工约170人，种植有金萱、金牡丹、福云六号、龙井43等国家优良茶树品种，设有粗制和精制茶厂主要生产出口的红碎茶。景区由入口服务区、茶园休闲区和康休度假区构成，已先后建成茶农村寨、亭、茶文化长廊、茶园风光摄影平台、壮族老家茶壶、农垦文化茶园、古茶文化园、等景区。

**二、万古茶园发展旅游的成功经验**

**成功经验之一：**

思想明确，营造氛围。一是该茶园得到各级领导高度重视，专门成立了县宣传部长和农垦分管副局长为领导的旅游产业发展领导小组，每月深入茶场召开一次旅游业发展情况调度会，研究解决茶园旅游业发展中的重大问题；二是垦地部门支持配合，在重大基础设施投资安排、项目立项审批等方面均优先支持旅游项目建设；三是茶园干部职工发展旅游业的意识非常浓，自觉维护景区秩序，遵守有关规定，为发展旅游业创造了一个良好的发展环境。

**成功经验之二：**

精准定位，突显品牌。该茶园主打以茶文化为主线，以“绿色、健康、养生”为主题，以有机茶生产展示为特色，融入生态旅游的元素，突出“壮乡故居，万古茶韵”的旅游品牌形象。景区已打造成了观赏、教育、体验、休闲、农家体验、乡村度假等功能为主的广西休闲农业与乡村旅游示范点。景区建成并开园接待游客后，游客骆驿不绝，景区的社会效应和经济效益得到了充分体现。

**成功经验之三：**

发展迅速，目标明确。茶园充分利用广西加快旅游业跨越发展政策和创建特色旅游名县的机遇，依托600亩茶自然景观和60年茶业栽培历史的景区元素，第一期投资400万元，从着手建设到获评3A级景区，只用了短短3个月时间，刷新了“上林速度”。该场下一步计划再投资500万元,力争“十三五”末打造国家4A级旅游景区的宏伟目标。

**成功经验之四：**

建设成果，与民共享。该茶园具体做法：一是民宿改造，结合壮乡风貌、万古茶韵，通过申请危房改造资金统一对园区内职工住房外观进行改造，复古风情，别具一格；二是公路建设，增设旅游路线，园内有公交车直达上林县城，在主要高速路口、高铁站、火车站增设旅游标识牌、旅游导览图等公共标识系统；三是游客中心wai-fi（wifi）全覆盖，建立旅游网站、开通旅游微信平台，外地游客足不出户通过朋友圈即可全面了解信息，并网上订购门票及旅宿相关业务。

**成功经验之五：**

智慧旅游，稳步推进。该茶园对旅游宣传、推介工作十分重视，不断创新促销方式，不断加大推广力度。主要采取了以下宣传促销方式：一是大手笔争牌子， “大明山”牌系列茶叶产品是中国名牌农产品、广西名牌产品，2010年茶园被自治区政府命名为“广西乌龙茶之乡”；二是大手笔办活动，2014年成功举办第八批国家有机茶栽培与综合标准化示范区启动仪式；三是借助名人效应扩大影响，如明代著名地理学家旅行家徐霞客考察留下的万字游记，对其旅游业的成功开发也起到了锦上添花的重要作用；四是邀请第五代印象刘三姐王予嘉拍摄茶园风光微电影《南方有嘉木》等优秀影视作品，不断扩大茶园在旅游市场的影响力。

**三、几点启示**

从广西万古茶园的旅游业发展上来看，我认为发展湛江垦区农业休闲旅游业应受到以下几点启示：

**启示之一：**必须坚持科学发展观原则。紧紧围绕中央一号文件农业供给侧改革，充分挖掘垦区农场风光、自然生态和知青文化资源，坚定资源保护的信心和决心，保护好老一辈农垦留给我们的极为宝贵的生存栖息之地，打造以农业为主体，既有生产效益、又有观光功能、附带科普教育，集一二三产业融合发展的田园综合体。一是建设华海“菠萝的海--生态茶园”风景区；二是打造国家一流的红江橙主题农业公园；三是结合雷州半岛生态修复重点工程建设，推动幸福万亩橡胶林-热带雨林资源的开发；四是开发素有“中国剑麻之乡、亚洲剑麻王国”美称的东方红农场剑麻产业园。

**启示之二：**必须按因地制宜发展原则。挖掘农场大型现代化的农业机械、无公害农产品示范基地、高科技农产品栽培和完整的原始湿地水库生态系统，为旅游爱好者提供一个观光度假、知青返乡、人文考察摄影的旅游天地。一是依托菠萝的海的大环境优势，以湛江农垦收获菠萝罐头厂为核心，打造集种植、采摘、加工、品尝、购物、体验为一体“菠萝罐头产品研发中心”；二是开发火炬白滩瀑布原生态景区；三是规划建设红湖鹤地水库湿地公园-水上游乐中心；四是推动湖光海峡两岸—王震将军广场复合型休闲园区建设。

**启示之三：**必须坚持可持续发展原则。围绕绿色农垦旅游主导产业，加大美丽生产队建设步伐和规模，完善公共服务设施，改善人居环境，塑造现代农场新城乡形态。如提高交通建设和综合服务能力，采取争取项目资金、招商引资等方式加快以旅游道路为主的交通建设，同时理顺管理体制，处理好资源保护与产业开发两大块体制的关系，走可持续发展之路，对垦区其他农场旅游资源进行适度合理开发。

**启示之四：**必须坚持市场为导向原则。观光旅游要高度重视市场开发、品牌宣传和推广，如充分利用电视台、报刊、网站、微信等多种手段推广，待时机成熟时，农垦观光农业可与政府旅游主管部门和旅行社联系，纳入地方旅游发展规划，安排进入旅行社线路，助推幸福农垦一日游计划。

**一、垦区茶叶发展之路**

通过实地对万古茶园景区考察，及其成功经验的启示，对垦区茶叶发展之路---目前正在规划建设的华海绿色生态茶园景区有着重要意义和挑战。浅谈几点做法：

**一是培育基地，实现产业厚积薄发。**2016年垦区通过宏观调控，对华海茶叶基地班子的良性整合，尤其产业由公司党政一把手亲自抓，成立茶叶专营公司进行市场化运作，通过聘请职业经理人开发北上广等大市场，茶叶销售额翻倍，产业发展迎来了“春天”。但当前茶叶面积仅2682亩，建议下一步以发展高产密植生态茶园为主攻方向，引进适宜机械化的品种和设备，推广良种良法，稳步扩张基地，提升“雄鸥、海鸥”茶品牌市场占有量。

**二是整合品牌，提升市场知名度。**垦区特殊的地理地貌——雷州半岛、火山地质、四面环海，海洋气候。茶产品已获国家地理标志产品认证，1990年荣获农业部绿色产品证书，多次获得广东省名优绿茶大奖及全国茶博会揽金夺银，成为国内茶叶公共知名品牌，远销国内外，但品牌包装仍停留在反映传统技术层面，缺乏新时代农垦创新元素。因此，下一步急需对产品包装进行设计升级改造，注入“海洋茶”“大农垦”这一独特元素。

**三是创新发展，助推产业转型升级。**挖掘文化休闲功能，发展茶叶深加工，拓展产业链，可将茶产业与农垦文化、旅游业有机结合起来，与产品深度开发和多种产品形态结合起来。如通过举办“采茶节”和参加“菠萝节”“红江橙节”等垦区形式多样的主题活动，大力宣传茶文化。同时在园区增添观光旅游硬件（游客接待中心、茶庄、茶园公路、骑行道、休闲木屋、观景台、茶田迷宫等综合配套设施），推出 “茶乡游”、“休闲观光茶园”等文化旅游项目，助推茶产业由生产型向经营型转变。

**四是开展新模式新业态，提升国际市场竞争力。**在新模式方面，要以“一带一路”建设为统领，坚持共商共建共享，形成与经济发展新形势相适应的开放和合作模式；在新优势方面，整合垦区优势资源，与中国农垦组建产业联盟，对照出口标准创建种植示范区，同时加快跨国基地建设，培育和打造跨国产业集团；在新平台方面，积极搭建国内国际营销推介平台，开展多形式产销对接活动等，加快推动贸易投资便利化；在新业态方面，运用新的信息技术发展跨境电商、外贸综合服务平台等；在新领域方面，扩大服务业、第三产业等领域的开放与投资，提升际经济合作和良性竞争发展。

“他山之石，可以攻玉”，广西农垦发展现代农业的经验值得借鉴和思考。通过实地考察，我们更要加强学习思考、科学规划，打造出广东农垦特色的现代农业产业。当前，在湛江农垦集团公司（农垦局）领导的正确领导下，在农场和各有关部门大力支持配合下，公司指导的果蔬种植和农业休闲旅游业的发展已崭露头角，2017年新注册培育的“湛垦佳农”在我公司的经营管理下，多次整合垦区“雄鸥”牌“勇士”牌蒸青绿茶、“三叶牌”菠萝罐头、“红江牌”红江橙、“红土金波”牌凤梨、“福禄香”牌香蕉、“广垦雷州”牌米、“鹤地红湖”牌果蔬、“三块石”牌龙眼等特色优势农产品品牌参展国内国际农博会，奖牌揽金夺银，一二三产业融合发展将成新趋势。相信不久未来公司在创新型农业发展道路上，定会有一个崭新的面貌，成为引领职工增收、企业增效的新型经济增长亮点。

# 磷酸二氢铵做基体改进剂在测定牛奶中铅的应用

纪坤发 广东燕塘乳业股份有限公司

本方法依据GB 5009.12-2017《食品安全国家标准 食品中铅的测定》来开展，牛奶试样经微波消解处理后，采用石墨炉-原子吸收光谱法（检测波长283.3nm）测定其铅的含量，在检测过程中有使用基体改进剂和不使用基体改进剂两种方法。通过实验对两种方法进行对比分析，从而选择更合适的测定方法来对牛奶中铅元素残留进行检测，最终保证企业产品的质量安全。

# 浅谈菠萝罐头加工业现代经营思路

1.李为陆  2.程隆

**摘 要** 广东收获菠萝罐头食品有限公司成立于1983年，公司现有菠萝基地2.7万亩，菠萝加工厂1间，生产菠萝罐头、浓缩汁、菠萝饮料等系列产品。根据农垦供给侧改革及产业经营改制，于2018年7月从原丰收公司剥离划转现代农业公司，开展现代加

工业经营管理。围绕：工业技改，提升效率和工业化产值；杂果罐头代加工，解决6-9月份停工期工人收入问题；代加工半成品或贸易，增加企业产能；菠萝深加工系列新产品研发，打造菠萝博物馆；传统营销与现代营销融合，订单餐饮基础上，开发烘焙、休闲食品业务，做大做强农垦特色“三叶”牌菠萝产品。

**作者简介:**李为陆，男（1966-），广东雷州人，中级食品加工工程师。现任雷州湛垦农业发展有限公司副总经理，广东收获菠萝罐头食品有限公司经理（厂长），从事菠萝深加工业经营管理工作近20余年。联系电话：13824834738。

# 农杆菌注射法转化荔枝果实组织的研究

王树军,王 果,李焕苓,孙进华,李 芳,王家保\*

中国热带农业科学院环境与植物保护研究所,海南海口 571101

**摘 要** 为了寻找一种高效的荔枝果实瞬时基因表达方法，本研究以荔枝品种‘新球蜜荔’为试材，利用农杆菌注射法对荔枝果实组织进行转化，研究了果实发育时期、菌株种类、注射部位、取样时间、菌液浓度等对转化效率的影响。结果表明：选择果肉已完全包裹种子的Ⅱb期果实进行连体注射，在果柄、果皮、种子、果肉分别注入OD600值为2.4的农杆菌菌株GV3101，4d后取样进行检测，4个组织的GUS染色率均最高。本研究成功建立了适用于荔枝果实的基因瞬时表达系统，为今后快速鉴定荔枝果实相关基因功能提供了基础。

**关键词** 农杆菌注射；荔枝果实；瞬时表达；GUS检测

**Transformation of Tissues of Litchi Fruit with Injection of *Agrobacterium***

WANG Shujun, WANG Guo, LI Huanling, SUN Jinhua, LI Fang, WANG Jiabao\*

*Environment and Plant Protection Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Haikou, Hainan 571101, China*

**Abstract** To find an efficient transient gene expression method for litchi, the fruits of ‘Xin qiu mi li’ were used as the material to transform fruit tissues by *Agrobacterium* in this study. The effects of fruit developing stage, bacterium strains, injection sites, sampling time, bacteria solution concentration on the transformation efficiency were studied. The results showed that chose the fruits at the Ⅱb stage, the *Agrobacterium* strain GV3101 with the OD600 of 2.4 was injected into the stalk, the peel, the seed and the pulp, fruits which were sampled after four days of injection, GUS staining rates were the highest in four tissues. The transient gene expression system of litchi fruits was successfully established, which laid a foundation for the rapid identification of related genes of litchi fruits in future.

**Keywords** injection of *Agrobacterium*; litchi fruit; transient expression; GUS detection

# The underlying mechanism of allelopathic interaction between rice secondary metabolites and *Myxococcus xanthus****[[13]](#footnote-13)***

Li Yingzhe1,2 Zhang Pengli 1,2 Li Lanlan1,2 Fang Changxun1,2 Lin Wenxiong1,2, 3\*\*

1Fujian Provincial Key Laboratory of Agroecological Processing and Safety Monitoring, College of Life Sciences, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, P. R. China

2Key Laboratory of Ministry of Education for Genetics, Breeding and Multiple Utilization of Crops, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, P. R. China.

3Key Laboratory of Crop Ecology and Molecular Physiology (Fujian Agriculture and Forestry University), Fujian Province University, Fuzhou 350002, P. R. China.

**ABSTRACT** Allelopathy results from the interactions between rice and its rhizosphere microbes. In this study, the contents of phenolic acids, terpenoids, and momilactones in the rhizosphere soil at 5 leaf stage of different allelopathic potential rice seedlings was detected. The results showed that the contents of total phenolic acids from allelopathic rice PI312777 exudates were significantly higher than that of Lemont, and *PAL 2-1* suppressed or over-expressed transgenic lines. The transgenic rice lines significantly reduced secreting of total phenolic acids possibly due to homeostasis. In contrast, amounts of terpenoids were sharply increased in the *PAL2-1* suppressed PI312777 (PR). Additionally, PR has the highest contents of momilactone A, PO and PI312777 showed no difference on momilactone A contents. However, momilactone B was not detected in PI312777 rhizosphere soil, since the concentration might be less than the limit of detection, or degraded by microbes. Our studies also demonstrated that the phenolic acids secreted from PI312777 roots performed the better promoting effect on the proliferation of *Myxococcus xanthus* that separated from the allelopathic rice rhizosphere. When the target weeds were treated with phenolic acids and *Myxococcus xanthus*, the inhibitory rate on weeds were increased, however, no significant effect even the decreased inhibitory rate was observed in the treatment of momilactione and *Myxococcus xanthus.* Last, the results indicated that ferulic acid was helpful to promote cell proliferation of *Myxococcus xanthus.* And the logarithmic phase of the tested strain appeared under induced 40h to 64h by ferulic acid. The results of differential proteomics showed that, compared to the control, a total of 25 protein spots had significant expression difference induced by ferulic acid, including FrzCD protein, ABC transporter and some proteins involving s-motility, predation, vegetative growth and the production of secondary metabolites of *Myxococcus xanthus*.Our results indicated that phenolic acids from rice root exudates were able to regulate the growth of rhizosphere microorganisms and interacted with microbes, consequently promoted the allelopathy, while rice momilactone can inhibit the growth of *Myxococcus xanthus*. Therefore, it was suggested that plant allelopathy results from the interaction of multiple plant secondary metabolites with rhizosphere microbial community.

**Keywords**: Allelopathy, Metabolomics, *Myxococcus xanthus*, *PAL2-1*, Rhizosphere microbes

**个人简介：**

李颖哲，福建农林大学农业生态研究所生态学专业博士生，导师林文雄教授，主要研究方向为水稻化感作用。电话15980693623。

# An evolutionary and expressional pattern of the bZIP family in maize

Liqiang Jia1\* , Qiufang Zhao1, Shu Chen1

1Key laboratory of Tropical Fruit Biology (Ministry of Agriculture), South Subtropical Crop Research Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Science, Zhanjiang 524091, China

\* Corresponding author: lqjia@mail.zaas.ac.cn

**Abstract**

Basic leucine zipper (bZIP) transcription factor gene family is one of the largest and most diverse families in plants. The bZIP TF family plays an important role in growth, development, and response to abiotic and biotic stresses. Nonetheless, knowledge concerning the specific expression patterns in maize and in response to various abiotic stress is limited. In this study, a total of 143 putative maize *ZmbZIP* genes were identified and renamed on the basis of their respective chromosome distribution. Phylogenetic analysis showed that ZmbZIPs were classified into 11 groups. The majority of *ZmbZIP* genes in the same subfamily shared similar gene structures and conserved motifs. The chromosome distribution and duplication analysis suggest that expansion of the maize bZIP transcription factor family was greatly contributed by the segmental/chromosomal duplications rather than tandem duplication. Expression data further revealed constitutive or organ-specific expression patterns of *ZmbZIP* genes in tissues. We also detected several key maize *bZIP* genes involved in abiotic or nitrogen stress responses suggested the possible multiple functions of these genes. Our results provide a valuable foundation for functional dissection of the different ZmbZIP homologs in maize and for molecular breeding studies of *bZIP* genes in maize.

# 香蕉根际土壤真菌种群结构分析

廖咏梅，黄元腾吉，邹承武，黄琦，王忠文\*

广西大学农学院，广西南宁 530005

采集不同宿根年限的香蕉健康植株和枯萎病植株的根际土壤，提取土壤总DNA，针对真菌的核糖体内转录间隔区（ITS，Internal Transcribed Spacer）进行Illumina Miseq高通量测序。分析测序结果发现，在真菌门的水平上，香蕉根际土壤样品中的优势门有三个，包括子囊菌门（Ascomycota）、担子菌门（Basidiomycota）和接合菌门（Zygomycota），但不同类型的香蕉根际土壤中真菌优势门有所差异；一年生香蕉健康植株和枯萎病植株根际土壤均以子囊菌门（相对丰度分别为69.91%和19.89%）和担子菌门（相对丰度分别为17.11%和70.37%）为主；三年生健株根际土壤以子囊菌门（相对丰度为61.92%）和担子菌门（相对丰度为27.85%）为主，三年生病株根际土壤以子囊菌门（相对丰度为42.81%）和接合菌门（相对丰度为18.53%）为主；五年生健株和病株的根际土壤均以子囊菌门（相对丰度分别为43.4%和52.12%）和接合菌门（相对丰度分别为44.08%和33.97%）为主。

在真菌科的水平上，一年生健株根际土壤的优势科是小囊菌科（Microascaceae，相对丰度为42.11%），而病株根际土壤的优势科是担子菌门未分类科（unclassified Basidiomycota，相对丰度为70.05%）；三年生健株根际土壤的优势科是丛赤壳科（Nectriaceae，相对丰度为26.02%）和红菇目未分科（unclassified Russulales，相对丰度为25.57%），而病株根际土壤的优势科是被孢霉科（Mortierellaceae，相对丰度为23.18%）和未明确分类地位科（unclassified Incertae sedis，相对丰度为10.94%）；五年生健株根际土壤的优势科是接合菌门未分类科（unclassified Incertae sedis Zygomycota，相对丰度为38.42%），而病株根际土壤的优势科是被孢霉科（相对丰度为25.34%）和丛赤壳科（相对丰度为15.56%）。引起香蕉枯萎病的尖孢镰孢菌（*Fusarium oxysporum*）隶属于丛赤壳科，相对丰度居前二的丛赤壳科来自三年生健株和五年生病株，可见，并非所有病株的根际土壤均以丛赤壳科为主。在镰孢菌属（*Fusarium*）中，一年生健株和三年生病株根际土壤样品中均未注释到尖孢镰孢菌，但在一年生病株、三年生健株、五年生健株和病株根际土壤样品中均注释到尖孢镰孢菌，其相对丰度在0.01%-0.08%之间。除了一年生健株根际土壤样品，其他5个土壤样品中均注释出腐皮镰孢菌（*Fusarium solani*），相对丰度在0.08-1.59%之间。可见，在不同香蕉植株的根际土壤中，真菌的种群有所差异，但无论是健康植株还是枯萎病植株，镰孢菌属并不是根际土壤中的主要真菌种群。

**基金项目：**国家现代农业产业体系广西创新团队香蕉植保功能专家项目（nycytxgxcxtd-04-18-2）；广西热作病虫害监测与防控项目。

**作者简介：**廖咏梅（1963-），女，博士，教授；研究方向：植物病害的综合治理；E-mail：[liaoym@gxu.edu.cn](mailto:liaoym@gxu.edu.cn)。

# MS营养成分对橡胶树花药愈伤组织诱导的影响

桂明春，管艳，唐敏，李玲，田海，梁国平\*

云南省热带作物科学研究所，云南 景洪 666100

**摘 要** 橡胶树一直被认为是组织培养难度较大的树种之一，且不同基因型同一器官离体培养，其所需培养基成分存在较大差异，有研究表明橡胶树体胚植株的茎段及茎尖离体培养所需的MS营养成分比例不同，而关于培养基中营养成分影响橡胶树花药愈伤组织诱导的报道罕见。为了探索培养基中营养成分对橡胶树花药愈伤组织诱导的影响情况，本研究以橡胶树无性系品种RRII105、PRIM600、GT1及热垦628的花药为外植体，采用正交试验设计研究了MS中大量元素（A）、微量元素(B)、有机成分(C)及铁盐(D) 共4种营养成分对橡胶树花药愈伤组织诱导的影响。结果表明：（1）总体而言，4个无性系品种中，RRII105的花药最容易脱分化产生愈伤组织，其均值为91.08%，变幅为80.42%~96.36%；其次是PRIM600，其均值为67.02%，变幅为50.00%~83.33%；最弱的是GT1，其均值仅为50.98%，变幅17.90%~70.52%；（2）4种营养成分对4个无性系品种的花药愈伤组织诱导率的影响差异均达极显著水平（*P<*0.01）；（3）4种营养成分对橡胶树花药愈伤组织诱导率的影响主次顺序及优组合在无性系品种间存在一定程度的差异，RRII105的主次顺序为A＞C＞B＞D，优组合为2/5（大量元素+微量元素+有机成分）+全量铁盐；PRIM600的主次顺序为A＞B＞C＞D，优组合为2/5（大量元素+微量元素+铁盐）+4/5有机成分；GT1的主次顺序为D＞A＞B＞C，优组合为4/5（大量元素+微量元素）+2/5（有机成分+铁盐）；热垦628的主次顺序为A＞D＞C＞B，优组合为2/5（大量元素+微量元素+铁盐）+4/5有机成分。综上所述，4个无性系品种花药愈伤组织诱导所需MS基本培养基4种营养成分的比例不同，RRII105的为2/5（大量元素+微量元素+有机成分）+ 全量铁盐，PRIM600的为2/5 （大量元素+微量元素+铁盐）+4/5 有机成分；GT1的为4/5 （大量元素+微量元素）+2/5（有机成分+铁盐）；热垦628的为2/5（大量元素+微量元素+铁盐）+4/5 有机成分。

**关键词** 橡胶树；MS；花药；愈伤组织；诱导率

# 剑麻园绿色轻简高产高效栽培技术研究与示范推广**[[14]](#footnote-14)**

黄标1\*，夏李虹1，黄路妍1，李江平1，黎陛成1，赵家流1，范志伟2，易克贤2，文尚华3

1 湛江农垦东方红农场，广东 雷州 524251；

2 中国热带农业科学院环境与植物保护研究所，海南 海口 570100；

1. 广东省湛江农垦局，广东 湛江 524200）

**摘要** 研究创新技术对剑麻绿色防控、降低劳动强度、提高生产效率、培肥地力等对剑麻病虫防控、产量及效益的影响。在麻园开展起畦、测土配方配制专用生物有机无机配方肥并机械化施用及机械化施钙镁磷肥、麻园大行套种平托花生（别名：满地黄金等）豆科绿肥。试验表明：机械起畦种植，实现标准化起畦，保障排水顺畅，减轻斑马纹病危害；机械化施用专用生物配方肥，实现精准施肥，比常规施肥增产6.63%，工效提高161倍，亩成本下降160元；施钙镁磷肥实现营养平衡施肥，该肥可中和土壤酸性和补充剑麻较缺乏的钙镁中量元素，提高抗剑麻茎腐病及抗寒能力，亩施75kg可促进剑麻增产13.93%；麻园大行套种平托花生豆科绿肥，有效解决有机肥回田（施放）难的问题，培肥地力，缓解土壤酸化程度，改良生态环境，减轻病虫草害，促进剑麻大幅度增产，初期增幅高达42.94%，该绿肥种一次可获益至麻园淘汰。该绿肥套种已示范推广300多亩；机械化施专用配方肥已示范推广4500多亩，示范田开割第四刀亩产叶片便超7000kg。该创新技术将大面积推广。

**关键词** 剑麻；轻简；机械化；精准施肥；套种绿肥

# 剑麻园茅草等恶草化除药剂筛选试验及示范推广**[[15]](#footnote-15)**

黄标1\*，夏李虹1，黄路妍1，李江平1，黎陛成1，赵家流1，范志伟2，文尚华3

（1 湛江农垦东方红农场，广东 雷州 524251；

2 中国热带农业科学院环境与植物保护研究所，海南 海口 570100；

1. 广东省湛江农垦局，广东 湛江 524200）

**摘 要** 剑麻园茅草、硬骨草严重危害剑麻正常生长，而传统药剂草甘膦对剑麻易产生药害。开展10.8%高效氟吡甲禾灵、15%精喹禾灵各3个浓度梯度试验，并设对照，每小区0.05亩的剑麻园苗圃及新种麻园药剂筛选试验，化除茅草、硬骨草和其他禾本科杂草；开展20%氯氟吡氧乙酸、15%硝磺草酮、20%乙羧氟草醚各3个浓度梯度试验，并设对照，3次重复，每小区0.05亩的剑麻园苗圃及新种麻园药剂筛选试验，化除假臭草、日本草等阔叶杂草。试验结果表明：10.8%高效氟吡甲禾灵200mL/亩，喷1~2次便可化除干净茅草、硬骨草和其他禾本科老龄杂草，对剑麻安全，极大提高工效和降低作业成本，减轻该恶草对剑麻的危害；20%氯氟吡氧乙酸125mL/亩，可化除干净假臭草、日本草等阔叶杂草，对剑麻安全。以上2种药剂已在麻园示范推广，其中10.8%高效氟吡甲禾灵防治剑麻园茅草及硬骨草等恶草面积达7500多亩，效果效益突出；20%氯氟吡氧乙酸正在大面积示范推广。

**关键词** 剑麻；茅草；硬骨草；高效氟吡甲禾灵；氯氟吡氧乙酸；除草剂

# 茶叶深加工技改与现代综合技术实践与应用

1.刘胜利 2.程隆

(湛江农垦现代农业发展有限公司)

**摘 要** 湛江农垦雄鸥茶叶种植于上世纪80年代，厂区亦建于80年，设备陈旧落后、产品深加工综合利用产能较低，根据农垦供给侧改革及产业经营改制，于2016年11月成立雄鸥茶业公司，2018年7月从原华海公司剥离划转现代农业公司，开展现代加

工业经营管理，通过分析茶叶加工业发展现状和存在的问题，提出对茶叶加工进行工业技改，做强做大农垦品牌、推广质量安全、提升综合效益等发展对策，打造一二三产业深度融合发展的现代茶业产业。

**作者简介:**刘胜利，男（1968-），陕西蒲城人，高级农艺师，1992年毕业于西北农业大学植物保保专业，2009年取得海南大学农村与区域发展专业农业推广硕士学位。现任湛江农垦现代农业公司副经理，湛江广垦雄鸥茶业有限公司董事长。主要从事甘蔗、茶叶、菠萝、橡胶等农作物农技推广及农业机械化推广工作。E-mail地址：yhliusli@126.com。

**作者简介：**程隆，男（1984-），广西罗城人，农艺师，2010年毕业于海南大学农学（观光农业方向），大学本科，现任湛江农垦现代农业公司企划部部长，从事热带经济作物栽培技术推广与管理、农产品加工业项目技改等工作。qq1027165813

# 荔枝对霜疫霉病的抗性机制

孙进华1，曹璐璐1，2，陈浩1，3，李焕苓1，王果1，王树军1，李芳1，王家保1 \*

1中国热带农业科学院环境与植物保护研究所，海南海口 571101

2海南大学热带农林学院，海南海口 570228

3华中农业大学植物科技学院，湖北武汉 430070

**摘 要** 霜疫霉病由霜疫霉菌（*Peronophthora litchii Chen ex* Ko et al.）引起，严重危害荔枝果实的产量和质量。以抗性品种‘黑叶’和感病品种‘桂味’为材料，比较研究二者在果皮微观结构、生理生化、抗性基因表达和相关代谢物的变化，对荔枝霜疫霉病抗性机制进行初步探讨。扫描电镜观察发现，‘黑叶’果皮主要组成单元为乳突状结构，其中间凸起且结构致密；‘桂味’果皮主要组成单元为蜂窝状结构，其中间凹陷且壁薄。相同接种条件下，品种间果皮吸附霜疫霉孢子的数量差异显著，感病品种为抗性品种的5倍。感病品种的果皮结构更易于霜疫霉孢子的附着。‘黑叶’与‘桂味’相比，霜疫霉孢子在果皮上不仅萌发时间较晚，而且其生长速度也较慢。抗性品种能抑制霜疫霉菌孢子的萌发和伸长。随着接种时间的延长，霜疫霉侵染促使荔枝外果皮结构破坏加快，但抗性品种较感病品种的外果皮损伤程度较小。果皮结构的差异是导致荔枝对霜疫霉侵染表现不同抗性的重要原因。通过RNA-Seq技术研究接种后的抗、感病品种的基因表达变化。主成分分析表明，基因表达变化主要归因于品种间基因型的差异，二者在‘氧化还原过程’和‘植物病原互作’上存在显著差异。在侵染早期，‘黑叶’有较多数量的差异表达基因；而在侵染后期，‘桂味’有较多数量的差异表达基因。在感病品种中，其早期应对霜疫霉侵染反应滞后，病原菌侵染成功后主要通过下调苯丙烷代谢、乙烯生物合成和信号传导相关基因抑制寄主的抗性反应。在抗性品种中，其早期主要依靠受体激酶识别霜疫霉菌的侵染，然后通过转录因子和蛋白质降解系统调控细胞壁代谢的相关基因而启动抗性反应。苯丙烷代谢在霜疫霉病抗性中也发挥重要作用。相关抗性基因的表达量和酶活性在‘黑叶’中都显著高于‘桂味’。更为重要的是，‘黑叶’和‘桂味’响应霜疫霉侵染的苯丙烷类代谢支路迥然不同。接种霜疫霉后，感病品种‘桂味’中对-香豆酸主要合成香豆素，而抗性品种‘黑叶’中对-香豆酸主要转化为丁香酚，丁香酚是合成木质素的主要物质。抗、感病品种间对-香豆酸代谢支路的代谢差异是其对霜疫霉病表现不同抗性的重要原因。

**关键词** 荔枝；霜疫霉病；抗性机制

**The Mechanism of Resistance against Downy Blight in Litchi**

SUN Jinhua1, CAO Lulu1,2, CHEN hao1,3, LI Huanling1, WANG Guo1, WANG Shujun1, LI Fang1, WANG Jiabao1\*

1 Environment and Plant Protection Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Haikou, Hainan 571101, China

2 College of Tropical Agriculture and Forestry, Hainan University, Haikou, Hainan 570228, China

3 College of Plant Science and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan, Hubei 430070, China

**Abstract** Litchi downy blight is a damaging oomycete disease of litchi, caused by *Peronophthora litchii*. The resistance mechanism was studied initially by comparing the microstructure, physiology and biochemistry, resistance gene expression and related metabolites bewteen the resistance cultivar ‘Heiye’ and susceptible cultivar ‘Guiwei’. The ultra-structural changes of exocarps was investigated by Scanning Electron Microscopy (SEM) method. The results showed that turtle lobes are flat as well as the honeycomb is convex and compact in ‘Heiye’, while the valley of lobe was deep, and the honeycomb was thin and erect in ‘Guiwei’. The exocarps of ‘Guiwei’ harbored nearly five times sporangia than these of ‘Heiye’ after inoculated with *P. litchii*. The difference of lobe and honeycomb between two cultivars result in that the susceptible cultivar is more easily agglutinated by sporangia and spores of *P. litchii*. The integrity of exocarps are damaged with the prolonging of the inoculation time. The damage is serious in ‘Guiwei’ comparing to ‘Heiye’ at the same time. The infection with *P. litchii* accelerated the breakdown of exocarp structure, which had a small impact in ‘Heiye’. It was suggested that the germination and growth of *P. litchii* is repressed in exocarps of resistant cultivar. The structure difference of exocarp results in that susceptible cultivar ‘Guiwei’ is easier infected by *P. litchii* than resistant cultivar ‘Heiye’. Transcript levels were measured at 6, 24, and 48 hours post-inoculation (hpi). PCA analysis indicated that the major difference between two cultivars attributed to genotype variation. The differential expression genes of inter-genotypes involved in ‘Oxidation-reduction process’ and ‘Plant-pathogen interaction’ made up the largest groups in GO and KEGG enrichment, respectively. At the early infection stage, ‘Heiye’ induced a larger number of genes than that of ‘Guiwei’, whereas more genes were regulated in ‘Guiwei’ than ‘Heiye’ at later infection stage. In susceptible cultivar, the response to infection of *P. litchii* is feeble at the early stage. The following infection of *P. litchii* repress the resistant action by down-regulated genes involved in phenylpropanoid metabolism, ET biosynthesis and signaling conduction. In resistant cultivar, the pathogen was recognized through receptor-like kinases at early infection stage, which lead to a rapidly resistance against *P. litchii*. More interestingly, resistance in ‘Heiye’ also involves the specific modulation of numerous DEGs encoding transcription factors, degradation of proteasome and cell wall remodeling. The phenylpropanoid metabolic pathway also plays an important role in the resistance of litchi to downy blight. In summary, the expression and activity of related genes is higher in ‘Heiye’ than in ‘Guiwei’. Most importantly, the ‘Heiye’ and ‘Guiwei’ responded differently to *P. litchii* in the branches of the phenylpropanoid metabolic pathways. After inoculation with *P. litchii*, p-coumaric acid is mainly converted to coumarin in ‘Guiwei’, while to eugenol and lignin in ‘Heiye’. The difference of p-coumaric acid metabolism between susceptible and resistant cultivars is an important reason for their different resistance to downy blight.

**Key words**  Litchi; Litchi downy blight; Resistance mechanism

# 不同菌肥处理对连作太子参生长发育及根系细菌群落结构的影响

林煜

福建农林大学农业生态研究所 福州 350002

**摘 要** 近年来太子参需求量不断增加，而连作障碍严重限制了太子参产业发展。本研究利用有益菌( Bacillus subtilis 和 Burkholderia 为主)研制而成的微生物菌肥，对重茬太子参土壤进行消减处理。以正茬、重茬、施用有机质、Bacillus subtilis 菌肥(1号)、Burkholderia 菌肥(2号)、Bacillus subtilis 和 Burkholderia 混合菌肥(3号)的土壤作为实验材料，分析不同菌肥对太子参生长发育及根系细菌群落结构的影响，探究微生物菌肥的作用机制。结果表明：连作会导致太子参植株参叶萎蔫变黄，块根无法正常膨大，而3种微生物菌肥都能够有效缓解该问题，能令太子参植株正常生长；3种微生物菌肥能够增加氧化亚氮还原酶、亚硝酸还原酶的含量，促进土壤氮循环；同时，其还能够改善太子参根系群落结构，使其趋近于正茬；菌肥处理最终能改善太子参的品质，使连作太子参的外观品质接近于正茬水平，让连作太子参的有效成分含量显著提高。这表明该微生物菌肥消减连作障碍能力显著，能保证太子参植株正常的生长发育，还使连作太子参根际土壤微生物结构产生良性改变，加快根际土壤对致病状态的恢复，其在生产实践中有着巨大的潜力。

**关键词** 微生物菌肥；生长发育；细菌群落结构

**作者简介：**林煜，1993年10月生，福建农林大学，硕士，主要研究方向为作物生理与分子生态学，联系方式：13338288547

# 花生高密度遗传整合图谱的构建及产量和抗病QTL-meta分析

鲁清，刘浩，洪彦彬，李海芬，刘海燕，李杏瑜，温世杰，周桂元，李少雄，陈小平\*，梁炫强\*

（广东省农业科学院作物研究所，广东省农作物遗传改良重点实验室，广东广州510640）

**摘 要** 花生是我国重要的油料作物之一。目前，利用不同的遗传作图群体挖掘了大量的产量和抗病相关QTLs。然而，由于不同遗传背景下QTLs的互作效应，仅有少量的QTLs得以育种利用。因此，通过构建整合图谱，利用QTL-meta分析，挖掘不同遗传背景下的一致性QTLs显得很有必要。本研究通过对8张不同遗传图谱进行整合，构建了一张包含5,874个标记位点的花生高密度遗传图谱。该图谱总共包括20个连锁群，总遗传距离为2,918.62 cM。利用QTL-meta分析，对292个原始的产量和抗病相关QTLs进行整合分析，在4个不同连锁群共获得40个产量和抗病meta-QTLs (MQTLs)。通过重叠作图，在A05连锁群上，将花生荚果大小QTL从原来的3.7 cM缩小到了0.7 cM，相当于630.3 Kb，包含了38个候选基因（54个转录本）。这些基因的功能主要注释为催化功能，参与生物代谢及调控。进一步，通过QTL-meta整合，在A05连锁群上挖掘到了一个主效花生晚期叶斑病（late leaf spot, LLS）MQTL，其定位区间为0.38 cM。通过BLAST搜索，获得了26个候选基因（30个转录本），其中一些被注释为植物抗病相关。本研究通过构建花生高密度遗传整合图谱，挖掘到多个一致性QTLs，可用于将来的分子标记辅助育种。本研究下一步工作重点是对筛选到的64个候选基因进行生物学功能验证，以揭示花生产量及抗病的分子机制。

**关键词** 花生；QTL-meta分析；产量；抗病

**通讯作者**

陈小平\*：chenxiaoping@gdaas.cn

梁炫强\*：[liangxuanqiang@gdaas.cn](mailto:liangxuanqiang@gdaas.cn)

# 间作模式对辣木叶营养物质及园地土壤养分的影响

王应清1，胡永亮1，李守岭1，陈玉芹1，彭瑞云2

1 云南省德宏热带农业科学研究所， 云南瑞丽 678600

2 云南省瑞丽市农业局经济作物技术推广站，云南瑞丽 678600

**摘 要** 以云南省瑞丽市辣木园间作白芨、猫须草、紫薯和菊苣为研究对象，以辣木净作为对照，通过对园地土壤中碱解氮、有效磷和速效钾含量的测定，比较分析了辣木间作不同作物对土壤养分的影响，通过对辣木叶片蛋白质、维生素C、可溶性糖、游离氨基酸等营养物质含量的测定，比较分析了辣木间作不同作物对辣木叶片营养物质的影响。结果表明：辣木间作不同作物后土壤中碱解氮、有效磷、速效钾的含量与辣木净作相比均有所变化，其中碱解氮含量相比净作提高了13.05%~37.83%，分别表现为辣木//白芨>辣木//紫薯>辣木//菊苣>辣木//猫须草>辣木净作；有效磷含量相比净作提高了0.87%~84.73%，分别表现为辣木//猫须草>辣木//白芨>辣木//菊苣>辣木//紫薯>辣木净作；速效钾含量相比净作提高了22.82%~169.24%，分别表现为辣木+猫须草>辣木+白芨>辣木+菊苣>辣木+紫薯>辣木净作。辣木间作不同作物对辣木叶片蛋白质、还原性维C、可溶性糖、游离氨基酸等营养物质均有影响，与辣木净作相比，辣木//猫须草能显著提高辣木叶中蛋白质、可溶性糖和游离氨基酸的含量，辣木//白芨能显著提高辣木叶中可溶性糖和游离氨基酸的含量。综合评价，认为该地辣木园适宜的间作物为猫须草。

**关键词** 辣木；间作；土壤养分；营养成分

# 枇杷*EjAS1*/*2*克隆与组织表达特异性分析

白昀鹭1， 苏文炳1，刘月学2， 蒋园园1， 龙婷1，胡琛1， 林顺权1\*

1华南农业大学园艺学院，广州 510642

2 沈阳农业大学园艺学院，沈阳 110866

**摘 要** 枇杷叶为常见中药，近年因叶片提取物具有抗肿瘤、抗肝炎等功效也开始广受现代医药利用。叶片中的三萜酸类化合物是其发挥药效的重要组份，其中熊果酸（Ursolic Acid, UA）和齐暾果酸（Oleanolic Acid, OA）含量是目前药物评价的重要指标。植物上的研究发现，香树精合成酶(Amyrin Synthase , AS), 也称氧化鲨烯环化酶，是合成五环三萜化合物的关键酶，它负责催化环氧鲨烯生成UA和OA的前体α-amyrin或β-amyrin。本课题组前期研究已构建了较完善的枇杷属种质资源主要三萜酸组分的指纹图谱，但这些三萜酸化合物的生物合成及代谢的分子调控机制尚不清楚，这不但限制人们对不同类型资源中相应组分多态性分布的理解，更不利于今后对枇杷功能成分进行生物发酵等高效利用。本研究通过枇杷基因组测序数据库Blast比对获得两条*AS*同源基因，分别命名为*EjAS1*和*EjAS2*，其CDS长度分别为2292bp和2283bp；编码763和760个氨基酸，进化树分析发现二者编码蛋白分别和苹果MdAS1和MdAS3聚在一个小簇，推导氨基酸序列分析发现它们都含有AS蛋白保守结构域DCTAE和QW基序，预示其具有将环氧鲨烯催化成α-amyrin或β-amyrin的功能。组织表达分析发现，这两个基因在多数组织中均有表达，在叶片、果实、茎段和花瓣中的表达水平相对较高，预示除传统的叶片外，其他组织也具有开发利用功能成分的巨大潜力。之后分析二者在不同发育阶段叶片中的表达模式，结果表明二者的表达水平随着叶片不断成熟而逐渐上调，在叶片成熟前后达到最高水平。结合组织表达特性和叶片发育过程中的表达模式结果，发现在各样品中都表现为*EjAS2*的表达水平更高，暗示这类同源基因可能存在功能冗余现象，低表达基因仅在另一基因表达受抑制时才受诱导而上调表达。

**关键词** 枇杷； 三萜酸； 生物合成；熊果酸； *Amyrin Synthase*； 基因表达

中图分类号 S667.3

# 云南咖啡土壤养分评价及其对咖啡生豆品质影响分析

苏琳琳，马关润，白学慧，赵明珠，李锦红，萧自位

云南省德宏热带农业科学研究所

**摘要** 根据土壤样品中各项养分指标确定其隶属函数类型及阈值, 采用主成分分析法求得各指标的权重, 运用加乘法算出各土样的土壤肥力综合指标值(IFI)，用典型相关分析方法分析咖啡生豆品质与土壤养分之间的相关性。结果表明：各云南咖啡种植区的土壤综合肥力存在显著变化（*p*＜0.05），IFI值主要位于0.43~0.67之间，土壤综合肥力一般；咖啡生豆品质与土壤养分指标有着显著的典型相关关系（*p*＜0.05），第Ⅰ典型变量显示随着土壤速效钾的升高，咖啡因和总糖含量呈降低趋势，第Ⅱ典型变量显示随着土壤pH值和碱解氮的升高，脂肪含量呈降低趋势。

**关键词** 云南 土壤养分 咖啡生豆 典型相关分析

**基金项目**：枇杷种质资源创新与利用福建省高校重点实验室开放课题((2017002，2018003))资助。

**作者简介**： 白昀鹭， 女， 1993年生， 硕士研究生， 研究方向： 果树种质资源创制与评价。

\***通讯作者**， 林顺权， E-mail：loquat@scau.edu.cn。

# 云南山地胶园土壤养分空间变化特征

杨春霞

（云南省热带作物科学研究所，云南 景洪 666100）

**摘 要** 通过对云南西双版纳、普洱、河口、临沧4个植胶区的16个橡胶种植农场，共85288公顷的山地胶园开展系统规模化的土壤养分普查及评价，以全面了解云南山地胶园的土壤养分特征，为制定云南山地胶园专用的肥料大配方提供依据。研究结果表明，云南山地胶园土壤养分空间变异较大，不同植胶区橡胶树营养状况不尽相同，同一植胶区不同农场橡胶树营养状况亦有差异。整个植胶区土壤全氮含量0.13～3.30 g/kg，平均1.42 g/kg；有机质含量4.42～55.55 g/kg，平均21.09g/kg；速效磷含量0.31～235.00 g/kg，平均11.74 g/kg；速效钾含量0.65～427.70 g/kg，平均59.46 g/kg。土壤速效磷、速效钾含量变异系数较大，依次为88.50%、69.95%，全氮、有机质含量变异系数相对较小，依次为24.15 %、25.99 %。云南胶园土壤普遍缺磷和有机质，速效磷缺乏比率高达82.13%，有机质缺乏比率为46.10%，27%的土壤缺速效钾，土壤全氮含量基本正常或丰富。

**关键词** 云南；山地胶园；土壤养分；空间变化

**作者简介：**杨春霞(1979-)，女，云南弥渡人，汉族，硕士，研究员，研究方向为热区土壤与植物营养E-mail:chunxiayang.student@sina.com，Tel: 0691-2120323, 13578118302。

# 再生稻早衰发生的生理生态特性研究

林满红，李洲，吴红淼，林文雄\*

福建农林大学农业生态研究所

再生稻是在头季稻收割后，利用头茬稻桩上存活的休眠芽，并给予适宜的水、温、光和养分等条件，使之继续萌发进而抽穗成熟再收获一季的水稻。但在再生稻整个生育期中，一些水稻品种,特别是常规品种会因外界胁迫作用导致水稻提前进入衰老阶段, 影响其籽粒灌浆，进而严重影响水稻产量。本文采用三种具有亲缘关系的常规品种作为供试材料，就其生育过程中几个重要时期的叶绿素含量、可溶性蛋白含量、根系活力、光合作用、超氧化物歧化酶（SOD）、过氧化物酶（POD）、过氧化氢酶（CAT）、丙二醛（MDA）含量等生理、生化指标和根际微生态的变化特征等方面进行测定与比较分析，研究植物-土壤-微生物三者之间的互作关系及其对水稻早衰发生的影响。结果表明，在水稻发生早衰期间，相对生长正常的水稻而言，早衰水稻旗叶叶绿素和蛋白质明显降低，根系活力下降及根际微生态恶化，光合作用能力减弱，SOD、POD和CAT细胞保护酶活性也随之下降， MDA含量则上升。这些结果对于进一步研究再生稻早衰的栽培防控策略及其遗传改良均具有重要的理论意义与参考价值。

**关键词** 再生稻，早衰发生，生理生态，栽培防控

\***通讯作者**：wenxiong181@163.com

\*\*本研究得到国家重大科技研发专项（项目号：2016YFD0300508）的资助

1. **基金项目:** 国家重点研发计划（2016YFC0502406）; 广西科技重大专项（桂科AA17204058-4, 桂科AA17204058-8， 桂科AA17202037-9);广西科技基地和人才专项（桂科AD17195008）;中国热带农业科学院基本科研业务费专项资金（项目编号1630052017020-6）, 南宁市宾阳科技专项（20170202）.

   **作者简介**:王文林, 男, 硕士, 高级农艺师, 主要从事果树选育、栽培技术方面的研究.

   **通讯作者**: 谭秋锦, 助理研究员. E-mail: 13481146175@163.com.

   **收稿日期**: 2018-07-00 **修回日期**: 2018-00-00 [↑](#footnote-ref-1)
2. 冯学娟（1971年05月），女，农艺师，主要从事农业实验室分析检测、田间试验。

   E-mail：[kysctzx@163.com](mailto:kysctzx@163.com)。联系电话，18933760330 [↑](#footnote-ref-2)
3. \*本文受云南省科技计划重点项目《云南高原特色农业产业经济及政策研究》（2016FA027）、2017年云南省委宣传部重点培育新型智库项目等资助。

   作者简介：李隆伟（1987-），四川广安人，汉族，博士，云南省农业科学院农业经济与信息研究所助理研究员，研究方向：农业经济理论与政策。郭沛为本文通讯作者。 [↑](#footnote-ref-3)
4. 按出口额计算，详见云南省农业厅.云南省农业厅关于第十二届人民代表大会第四次会议第0456号代表建议会办意见的答复意见<http://www.8t3.www.ynagri.gov.cn/news13503/20160908/6497647.shtml> [↑](#footnote-ref-4)
5. 依据空间相邻来设定，其对角元素都为0，若地区i和地区j相邻，则其（i，j）元设为1，否则为0。实践中采用标准化空间权重矩阵，即W的每行元素之和为1。 [↑](#footnote-ref-5)
6. 基金项目：“第十六批云南省技术创新人才培养对象”（2017HB126）；农业农村部物种品种资源保护（热带作物）项目“咖啡、石斛种质资源保护”（151821301354052710）。 [↑](#footnote-ref-6)
7. 作者简介：郭铁英，女，1982年生，副研究员，理学硕士，主要从事咖啡种质资源及遗传育种研究。通信地址：云南省瑞丽市瑞京路29号，678600；Tex：0692-4143177；E-mail：arabicacoffee@qq.com，guotieying@126.com。 [↑](#footnote-ref-7)
8. 冯学娟（1971年05月），女，农艺师，主要从事农业实验室分析检测、田间试验。

   E-mail：[kysctzx@163.com](mailto:kysctzx@163.com)。联系电话，18933760330 [↑](#footnote-ref-8)
9. [↑](#footnote-ref-9)
10. **基金项目：**国家荔枝龙眼产业技术体系基金（CARS-33-10）；国家现代农业产业技术体系广西荔枝龙眼创新团队（nycytxgxcxtd-02）；荔枝龙眼低产果园改造技术研究与应用（桂科AA17204097-1）

    **作者简介：**潘介春(1961 - )，男，副教授，研究方向：果树栽培与生理，E-mail: markpan2004@126.com。

    **\*通信作者：**周煜棉（1992 - ），男，硕士研究生；研究方向：果树栽培与生理。E-mail: 499101300@qq.com [↑](#footnote-ref-10)
11. **基金项目** 国家自然科学基金项目（No. 31760354）；广西自然科学基金项目（No. 2017GXNSFAA198036）

    **作者简介** 赵云雄（1993—），男，硕士；研究方向：农业生态。\*通讯作者（Corresponding author）：周勋波（ZHOU Xunbo），E−mail：xunbozhou@163.com [↑](#footnote-ref-11)
12. 基金项目：农业部热带作物种质资源保护项目“余甘子种质资源保护云南创新基地”(151821301354052702)；西南干旱河谷区生态综合治理及生态产业发展技术研发2017YFC0505100.

    第一作者简介：赵琼玲，女，1978年出生，助理研究员，硕士，主要从事热带作物资源研究。通信地址：651300 云南省楚雄彝族自治州元谋县南城街150号，云南省农业科学院热区生态农业研究所，Tel：0878-8225661，E-mail：[qionglingzhao@163.com](mailto:qionglingzhao@163.com)。

    ③通讯作者：：沙毓沧，男，1966年出生，云南大姚人，研究员，本科，主要从事热带作物资源研究。通信地址：650205 云南省昆明市北京路2238号，Tel：0871-65892081，E-mail：[rjssyc@126.com](mailto:rjssyc@126.com) [↑](#footnote-ref-12)
13. \*corresponding author: [lwx@fafu.edu.cn](mailto:lwx@fafu.edu.cn) [↑](#footnote-ref-13)
14. **基金项目：**现代农业产业技术体系建设专项（CARS-19、CARS-16）。

    **作者简介：**黄标（1960-），男，广东遂溪人，农业技术推广研究员，主要从事剑麻栽培、土肥、植保、农机研究；E-mail:dfhnk496@163.com。

    鸣谢：该项目得到广东省农垦总局、湛江农垦局、湛江农垦东方红农场及中国热带农业科学院环境与植物保护研究所有关领导的大力支持与指导，谨此致谢！ [↑](#footnote-ref-14)
15. **基金项目：**现代农业产业技术体系建设专项（CARS-19、CARS-16）。

    **作者简介：**黄标（1960-），男，广东遂溪人，农业技术推广研究员，主要从事剑麻栽培、土肥、植保、农机研究；E-mail:dfhnk496@163.com。

    鸣谢：该项目得到广东省农垦总局、湛江农垦局、湛江农垦东方红农场及中国热带农业科学院环境与植物保护研究所有关领导的大力支持与指导，谨此致谢！ [↑](#footnote-ref-15)