

宿根蔗种间补种栽培的群体稳定性与生产力研究

罗含敏^{1,2}, 蒋雅琴^{2*}, 周慧文², 韦远克¹, 游建华², 熊发前², 阳太亿², 李 鸣²,
韦宏锤¹, 刘 明¹, 闫海锋^{2**}, 丘立杭^{2**}

1. 河池市农业科学研究所/广西壮族自治区农业科学院河池分院, 广西河池 546306; 2. 广西壮族自治区农业科学院/广西甘蔗遗传改良重点实验室/农业农村部广西甘蔗生物技术与遗传改良重点实验室, 广西南宁 530007

摘 要: 本研究开展宿根蔗不同品种间补种栽培的群体稳定性与生产力研究, 为从栽培管理上延长甘蔗宿根年限及提高宿根蔗群体稳定性与生产力提供有益借鉴。以机械收获后即将翻蔸重种的 2 a 宿根桂糖 42 号 (GT) 为研究对象, 利用桂辐 98-296 (GF) 种茎对其缺蔸断垄处进行品种间补种 (简称“种间补种”) 处理, 并以同期宿根为对照 (不补种, CK), 调查处理后第 1 年被补种的 GT (R_1)、 R_1 +补种的桂辐 98-296 (新植) (GF_0) (同期的 CK 设为 CK_1) 及处理后第 2 年被补种的 GT (R_2)、 R_2 +桂辐 98-296 (第 1 年宿根) (GF_1) (同期的 CK 设为 CK_2) 的出苗率、发株率、株高、成茎率和产量等指标, 并分析不同处理间的经济效益。结果表明: 处理后第 1 年, GF_0 的出苗率为 88.61%, 显著高于 R_1 和 CK_1 ; 从 5 月和 12 月的株高差异看, 桂辐 98-296 的株高增长量极显著大于 CK_1 和 R_1 , 但 CK_1 与 R_1 间的株高增长量差异不显著; 从成熟期看, CK_1 和 R_1 间的成茎率和产量均无显著差异, 但 R_1 + GF_0 甘蔗群体的有效茎数显著增加, 高达 62 265 条/hm², 导致总产量极显著高于 CK_1 , 增产 24.60 t/hm², 增幅达 35.34%。处理后第 2 年, GF_1 的发株率达 260.48%, 极显著高于 R_2 和 CK_2 , 5 月和 12 月的株高差异也极显著大于 CK_2 和 R_2 , 但 CK_2 与 R_2 间的株高生长量差异不显著; 从成熟期看, CK_2 和 R_2 的成茎率和产量比上茬的均显著下降, 但 R_2 + GF_1 的总产量极显著高于 CK_2 , 增产 4.62%, 增幅达 161.75%, 表明甘蔗混合群体增产主要来自桂辐 98-296。经济效益分析结果显示, 处理后第 1 年蔗农和制糖企业分别增收 8164.88 元/hm² 和 17 655.00 元/hm²; 处理后第 1 年和第 2 年蔗农和制糖企业增收产值相差约 2.98 倍。以甘蔗良种桂辐 98-296 种茎对机械收获下我国甘蔗主栽品种桂糖 42 号宿根蔗进行补种, 可有效解决机械碾压后宿根蔗缺株断垄严重问题, 显著增加甘蔗群体的有效茎数, 延长 2 a 宿根年限, 增产增收效果明显。因此, 桂辐 98-296 补种技术体系值得在我国蔗区推广应用。

关键词: 宿根蔗; 宿根年限; 蔗蔸; 种茎补种; 有效茎数

中图分类号: S566.1 文献标志码: A

Population Stability and Productivity of Ratoon Sugarcane Through Inter-varietal Replanting Technology

LUO Hanmin^{1,2}, JIANG Yaqin^{2*}, ZHOU Huiwen², WEI Yuanke¹, YOU Jianhua², XIONG Faqian², YANG Taiyi², LI Ming², WEI Hongchui¹, LIU Ming¹, YAN Haifeng^{2**}, QIU Lihang^{2**}

1. Hechi Research Institute of Agricultural Sciences / Hechi Branch, Guangxi Academy of Agricultural Sciences, Hechi, Guangxi 546306, China; 2. Guangxi Academy of Agricultural Sciences / Guangxi Key Laboratory of Sugarcane Genetic Improvement / Key Laboratory of Sugarcane Biotechnology and Genetic Improvement (Guangxi), Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Nanning, Guangxi 530007, China

收稿日期 2025-03-18; 接受日期 2025-04-17

基金项目 广西科技计划项目 (农业农村领域) (桂科农 AB24153007); 国家自然科学基金项目 (No. 32360540); 国家糖料产业技术体系项目 (No. CARS-17)。

作者简介 罗含敏 (1988—), 女, 学士, 助理研究员, 研究方向: 甘蔗栽培与生物技术; *同等贡献作者: 蒋雅琴 (1985—), 女, 硕士, 副研究员, 研究方向: 作物遗传育种与分子生物学。 **通信作者 (Corresponding author): 闫海锋 (YAN Haifeng), E-mail: gstsyh@163.com; 丘立杭 (QIU Lihang), E-mail: quihang163@163.com。

Abstract: This study investigated the population stability and productivity of ratoon sugarcane through inter-varietal replanting, aiming to provide agronomic insights for prolonging ratoon cycles and enhancing population stability and productivity through improved cultivation management. Using the second ratoon crop of sugarcane variety Guitang 42 (GT) scheduled for replanting after mechanical harvest, replanting was done with the variety Guifu 98-296 (GF) seedcanes (termed inter-varietal replanting) in the place where the cropping row was broken because of missing sugarcane stubbles, with the same untreated ratoon crop as the control (CK). Emergence rate, ratoon sprouting rate, plant height, stalk formation rate, and cane yield in the first-year replanted GT ratoon sugarcane (R_1), R_1 +newly planted GF (GF_0) (set the same CK as CK_1), second replanted ratoon (R_2), and R_2 +first ratoon GF (GF_1) (set the same CK as CK_2) were evaluated. Economic benefits were analyzed across treatments. The results indicated that in the first year after replanting, the GF_0 exhibited an emergence rate of 88.61%, which was significantly higher than that of R_1 and CK_1 . GF demonstrated markedly greater plant height increment compared to CK_1 and R_1 but no significant difference existed between CK_1 and R_1 between May and December. At the maturity stage, neither the stalk formation rate nor the cane yield differences showed statistically significant between CK_1 and R_1 . However, the millable stalks in the sugarcane population (R_1+GF_0) significantly increased to 62 265 per hectare, resulting in extremely significantly higher cane yield with 24.60 tons per hectare or 35.34% increase over CK_1 . In the second year, the sprouting rate of GF_1 reached 260.48%, which was extremely significantly higher than that in R_2 and CK_2 . Its plant height difference between May and December was also extremely significantly greater than that of CK_2 and R_2 , and there was no significant difference in that between CK_2 and R_2 . At the maturity period, the stalk formation rate and cane yield in CK_2 and R_2 were both significantly lower than those in the previous ratoon crop, but the cane yield in the treatment R_2+GF_1 was extremely significantly higher than that in CK_2 by 4.62% with an increase rate of 161.75%. This indicated that the increased cane yield in variety mixed ratoon crop populations mainly came from GF. Economic benefit analysis showed that in the first year after replanting, sugarcane farmers and sugar factories increased their income by 8164.88 Yuan/hm² and 17 655.00 Yuan/hm², respectively. After replanting treatment, the difference in increased revenue between the first and second years for sugarcane farmers and sugar factories was approximately 2.98 times. Replanting the elite sugarcane variety GF to the ratoon cane of the main cultivated variety GT under mechanical harvesting conditions could effectively address the severe problem of missing plants and broken rows caused by mechanical compaction. This approach significantly increased the millable stalks in the sugarcane population, prolonged the ratoon duration by two more years, and showed a noticeable increase in cane yield and income. Therefore, the replanting technology system of GF is worth promoting in China's sugarcane-growing areas.

Keywords: ratoon sugarcane; ratoon duration; stubble; replanting with seedcanes; millable stalks

DOI: 10.3969/j.issn.1000-2561.2025.08.011

甘蔗是具有多年宿根的重要糖料作物，主要分布于世界热带亚热带地区，在我国西南和华南地区广泛种植。甘蔗种植结构由新植蔗和宿根蔗组成，其产量由单位面积收获的有效茎数和单茎重决定（即甘蔗产量=单位面积有效茎数×单茎重）^[1]。宿根栽培是甘蔗生产的重要方式，一般占比 60% 以上，由上茬甘蔗砍收后留在地里蔗蔸的地下侧芽在适宜条件下萌发而成的新蔗株，经合理栽培管理后再次生长成为新一茬可收获的甘蔗^[2]。多年留茬并不断再生长是甘蔗宿根性的显著特性，具体表现为宿根年限（亦称宿根季）越长，可收获次数就越多，在同一块蔗地上的总投入成本就越低，总收益则越高。此外，宿根蔗具有早生快发、早熟、高糖、管理成本低等优点^[3]。因此，延长宿根年限对甘蔗产业的降本增效具有重要意义。随着甘蔗生产机械化的发展，目前我国甘蔗

耕种收综合机械化率超过 70%，其中机械收获（机收率）约 35%^[4-5]，机械碾压已是机械收获条件下甘蔗宿根年限和产量下降的重要原因之一^[6-7]，而利用不同于宿根蔗品种的种茎补种栽培可有效解决宿根蔗严重缺株断垄问题^[8]。因此，开展宿根蔗种间补种栽培技术研究，对延长甘蔗宿根年限以提高种植效益具有重要意义。通过改善栽培措施延长甘蔗宿根年限，是提高甘蔗种植效益最有效的途径之一，且宿根年限越长，生产成本（尤其是种植成本）愈低，产业的竞争力就越强^[9]。甘蔗生物产量大，生长周期长，期间难免会遭遇病虫害、干旱、高温及冷害冻害等生物与非生物胁迫，加之机械收获碾压严重损伤宿根蔗蔸，甘蔗地下宿根芽萌发受阻，导致宿根蔗畦出现不同程度的缺株断垄现象，从而引起后期有效茎数减少，最终造成蔗茎减产^[8]。在甘蔗生产中，为了

提高宿根蔗单产和延长种植年限,前人采用以宿根品种为种源的移密补疏或育苗移栽法进行补种,但这 2 种传统方法会造成蔗苗二次伤害和存在较长返青期,严重影响补种植株的成活率,无法从根本上解决宿根蔗缺株断垄问题,且劳作成本居高不下^[10],因此,以宿根品种为种源进行补种难以提高宿根蔗单产和延长宿根年限。梁闾等^[11]、樊保宁等^[12]、游建华等^[13-14]、陈用等^[15]采用桂辐 98-296 种茎分别开展广西主栽品种 ROC22、桂糖 42 号 (GT)、桂柳 05136 和 ROC16 等补种试验,取得了显著增产效果,且延长宿根年限 1 年以上。何远等^[16]利用桂糖 44 号种茎对 ROC22 宿根蔗进行补种获得了明显的增产效果,但桂糖 44 号是否适用于补种其他品种尚未可知。综上可知,相较于传统补种方法,利用异于宿根品种对蔗田缺株断垄处进行补种具有可行性,也更具优势。为了提高补种的效率,广西农业科学院甘蔗研究所甘蔗生产机械化研究团队研发了用于补种作业的单芽种茎种植机并开展相关试验,结果表明,以种植机进行单、双芽种茎补种效果相近,但种植机补种单芽段作业更有助于提高劳动生产率及降低补种生产成本^[17-18]。前人利用异于甘蔗宿根品种的种源进行补种,实现了甘蔗显著增产,但补种后甘蔗群体产量形成和农艺性状表现仍缺乏数据支撑。目前,利用甘蔗良种种茎对宿根蔗进行补种解决机械碾压后宿根蔗缺株断垄严重问题、延长宿根年限、提高群体稳定性与生产力的研究鲜有报道。本研究在前期多年多点试验成功的基础上,以我国种植面积最大的桂糖 42 号的宿根蔗为研究对象,以桂辐 98-296 (GF) 种茎进行宿根蔗种间补种处理,分析处理后连续 2 年内甘蔗群体与单一宿根品种间的出苗率、发株率、有效茎数、株高和茎径等产量构成因子的差异,并进行经济效益分析,明确种间补种处理后甘蔗群体较桂糖 42 号单一宿根品种在产量及其构成因子方面的稳定性,以期为通过改善甘蔗品种结构以延长甘蔗宿根年限及提高宿根蔗群体稳定性与生产力提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试甘蔗品种为即将翻兜重种的桂糖 42 号 (GT) 第 2 年宿根蔗,行距 1.2 m,于 2020 年 1 月 5 日采用全程机械化收获,以及用作种间补种的良种桂辐 98-296 (GF)。其中,桂糖 42 号是由

广西农业科学院甘蔗研究所选育的主栽品种,具有高产高糖特性,但宿根蔗易染黑穗病,缺兜断垄严重;桂辐 98-296 也是该单位经辐射诱变技术自主选育的具有全期生长快、宿根性好、抗病抗逆性强等特性的栽培品种。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 试验于 2022 年 3 月 6 日—2024 年 1 月 20 日在广西河池市宜州区洛西镇王格村“双高”糖料蔗基地 (108°48'21"E, 24°29'32"N, 海拔为 150.2 m) 进行。蔗田土壤类型为红壤,肥力中等。

在上述桂糖 42 号宿根蔗田中随机选取 6 个小区作为试验区,每个小区面积约 90.0 m²,其中,3 个进行种间补种处理,另外 3 个自然留宿根,不进行处理,为对照 (CK),其他田间管理措施一致。补种处理为待宿根蔗苗长至 3~4 叶龄时,利用桂辐 98-296 种茎对蔗田中缺株断垄处进行补种,补种密度为 12 芽/m²,CK 为自然留茬的单一品种桂糖 42 号,不进行种间补种。补种后第 1 年的桂糖 42 号第 3 年宿根蔗命名为 R₁,补种的桂辐 98-296 (新植) 命名为 GF₀,同期的 CK 设为 CK₁;补种后第 2 年的桂糖 42 号第 4 年宿根蔗命名为 R₂,桂辐 98-296 第 1 年宿根命名为 GF₁,同期的 CK 设为 CK₂。

1.2.2 测定项目及方法 参考游建华等^[13]的方法,收获上茬桂糖 42 号时调查每个小区的有效茎数,待桂糖 42 号宿根蔗苗出现 3~4 片真叶 (2022 年 3 月 6 日) 时,凡蔗兜间出现 40 cm 及以上空白的均进行桂辐 98-296 种茎补种处理,记录每个小区补种的桂辐 98-296 芽数,并对其随后生长的植株进行标记,期间分别调查甘蔗群体的出苗率、株高、茎径、有效茎数和田间锤度等指标。参考游建华等^[14]的方法,于收获时对试验小区甘蔗群体的株高、茎径和有效茎数和蔗茎产量进行测定,参考丘立杭等^[1]的方法测定蔗糖分。

1.3 数据处理

试验数据采用 Excel 2010 软件进行数据整理,利用 DPS v16.0 软件进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 种间补种处理后甘蔗群体的出苗率、发株率和成茎率

由表 1 可知,利用桂辐 98-296 种茎进行种间补种处理后,桂糖 42 号宿根群体的组成发生了改

变，在出苗率、发株率和成茎率方面存在差异。其中，处理后第 1 年，GF₀ 出苗率（88.61%）显著高于被补种群体 R₁ 和对照群体 CK₁，说明提前萌发生长的宿根蔗对新补种桂辐 98-296 种茎的萌发成苗的影响不明显，即 GF₀ 在生育期滞后于宿根蔗的情况下仍可正常萌发成苗；GF₀ 的成茎率最高，显著高于群体 R₁ 和 CK₁，说明宿根生长环境下不同品种间的竞争对桂辐 98-296 成茎无不利

影响，也证实前期种间补种具有可行性，意味着不同甘蔗品种间可多元化种植。处理后第 2 年，虽然 R₂ 和 CK₂ 的发株率极显著低于上茬 R₁ 和 CK₁，但桂辐 98-296 的发株率高达 260.48%，极显著高于 R₂，弥补了甘蔗高产所需的群体苗数。由此可见，从补种后甘蔗群体的苗数、成茎率和有效茎数看，甘蔗群体至少还可再留 1 a 宿根，即改善宿根蔗的群体构成可延长其宿根年限。

表 1 补种处理后甘蔗群体的出苗率、发株率和成茎率

Tab. 1 Emergence rate, ratoon sprouting rate and stalk formation rate in sugarcane populations after replanting treatment						
甘蔗群体 Sugarcane population	前茬有效茎数 Millable stalk in previous crop/(plants·hm ⁻²)	补种芽数 Replanting bud/(buds·hm ⁻²)	苗数 Seedling/(plants·hm ⁻²)	出苗率/发株率 Emergence/ratoon sprouting rate/%	有效茎数 Millable stalk/(stalks·hm ⁻²)	成茎率 Stalk formation rate/%
GF ₀		22 650	20 070 ^{dD}	88.61 ^{bB}	16 590 ^{cC}	82.65 ^{aA}
R ₁	52 815 ^{aA}		63 323 ^{aA}	86.48 ^{cB}	45 675 ^{aA}	72.13 ^{bA}
CK ₁	51 555 ^{aA}		60 919 ^{aA}	85.98 ^{cB}	44 325 ^{aA}	72.76 ^{bA}
GF ₁	16 590 ^{cB}		53 656 ^{bB}	260.48 ^{aA}	43 215 ^{aA}	80.54 ^{aA}
R ₂	45 675 ^{bA}		37 893 ^{cC}	52.94 ^{dC}	24 180 ^{bB}	63.81 ^{cC}
CK ₂	44 325 ^{bA}		38 167 ^{cC}	55.13 ^{dC}	24 435 ^{bB}	64.02 ^{cC}

注：同列不同大写字母和小写字母分别表示差异极显著（ $P<0.01$ ）和差异显著（ $P<0.05$ ）。
Note: Different upcase and lowercase letters in the same column indicate extremely significant difference ($P<0.01$) and significant difference ($P<0.05$), respectively.

2.2 种间补种处理后甘蔗群体植株生长的差异
株高是甘蔗植株生长量的直接体现，影响其有效茎的形成。由表 2 可知，处理后第 1 年，苗期（2023 年 5 月）甘蔗的株高排序为 CK₁≈R₁>GF₀。由于宿根蔗的株龄比 GF₀ 的至少提早 30 d 出苗，导致其株高显著高于 GF₀，但成熟期（2023 年 12 月）时，GF₀ 的株高反而极显著高于 R₁ 群体。处理后第 2 年，在苗期和成熟期，已为宿根蔗的桂

辐 98-296 的株高均显著高于群体 R₂ 和 CK₂，且植株 5 月和 12 月生长量的差异也是如此。这些结果说明，桂辐 98-296 的整个生长期均快速生长的优势是其在宿根条件下逆势的种性表现，这为用于宿根蔗补种的品种选育提供参考。

2.3 种间补种处理后甘蔗产量及其构成要素比较

有效茎数、株高、茎径和单茎质量是甘蔗产量的核心要素，其中，同一品种的株高和茎径相对稳定，有效茎数是决定产量的关键，即成茎率高则有效茎数多，蔗茎产量就高，而有效茎数多的基础是苗数多，反之亦然。由表 3 可知，R₁ 与 CK₁ 个体间的产量（单产）无显著差异，而 R₁ 与桂福 98-296 的总产量（94.20 t/hm²）比 CK₁ 高 24.60 t/hm²，增产 35.34%，差异极显著。由此可见，种间补种是促进甘蔗群体产量显著提高的重要原因，主要体现在补种 GF 后混合群体总有效茎数明显增加。处理后第 2 年的增产效果更明显，其中，R₂ 与桂福 98-296 的总产量（98.55 t/hm²）比 CK₂ 的高 60.90 t/hm²，增产 161.75%，差异极显著；R₂ 与桂福 98-296 的总产量比 R₁ 与桂福 98-296 的总产量增产 4.62%，主要得益于 GF₁ 的有效茎数较 GF₀ 净增 26 625 条/hm²。CK₂ 的产量极显著

表 2 补种处理后甘蔗植株 5 月和 12 月生长量的差异比较
Tab. 2 Difference of plant growth in sugarcane population from May to December after replanting treatment

甘蔗群体 Sugarcane population	株高 Plant height/cm		株高差异 Plant height difference between May and December/cm
	5 月 May	12 月 December	
GF ₀	50.43 ^{bA}	324.30 ^{bA}	273.87 ^{aA}
R ₁	59.24 ^{aA}	308.70 ^{cB}	249.46 ^{bB}
CK ₁	60.47 ^{aA}	310.20 ^{cB}	249.73 ^{bB}
GF ₁	64.87 ^{aA}	338.60 ^{aA}	273.73 ^{aA}
R ₂	49.89 ^{bA}	303.60 ^{cB}	253.71 ^{bB}
CK ₂	51.18 ^{bA}	305.40 ^{cB}	254.22 ^{bB}

注：同列不同大写字母和小写字母分别表示差异极显著（ $P<0.01$ ）和差异显著（ $P<0.05$ ）。
Note: Different upcase and lowercase letters in the same column indicate extremely significant difference ($P<0.01$) and significant difference ($P<0.05$), respectively.

表 3 补种处理后甘蔗群体产量构成因子及其单产比较结果

Tab. 3 Comparative results of yield components and yield per unit of sugarcane population after replanting treatment							
甘蔗群体 Sugarcane population	有效茎数 Millable stalk /(stalks·hm ⁻²)	茎径 Stalk diameter/cm	株高 Plant height/cm	单产 Yield per unit /(t·hm ⁻²)	单茎质量 Single stalk weight /(kg·stalk ⁻¹)	总产量 Total production /(t·hm ⁻²)	与 CK 相比增长百分比 The growth percentage compared with CK/%
GF ₀	16 590 ^{cB}	2.44 ^{aA}	324.3 ^{bA}	23.40 ^{dD}	1.41 ^{aA}	94.20 ^{aA}	35.34
R ₁	45 675 ^{aA}	2.56 ^{aA}	308.7 ^{cB}	70.80 ^{aA}	1.55 ^{aA}		
CK ₁	44 325 ^{aA}	2.61 ^{aA}	310.2 ^{cB}	69.60 ^{aA}	1.57 ^{aA}	69.60 ^{bB}	
GF ₁	43 215 ^{aA}	2.46 ^{aA}	338.6 ^{aA}	61.80 ^{cA}	1.40 ^{aA}	98.55 ^{aA}	161.75
R ₂	24 180 ^{bB}	2.66 ^{aA}	303.6 ^{cB}	36.75 ^{bB}	1.52 ^{aA}		
CK ₂	24 435 ^{bB}	2.65 ^{aA}	305.4 ^B	37.65 ^{bB}	1.54 ^{aA}	37.65 ^{cC}	

注：同列不同大写字母和小写字母分别表示差异极显著（ $P<0.01$ ）和差异显著（ $P<0.05$ ）。
Note: Different upcase and lowercase letters in the same column indicate extremely significant difference ($P<0.01$) and significant difference ($P<0.05$), respectively.

低于 CK₁，降幅高达 84.86%，说明机械收获条件下宿根蔗产量呈不断下降趋势，可能是机械碾压加剧了宿根蔗的缺株断垄，从而导致宿根蔗的生产力逐年降低。

2.4 种间补种处理后甘蔗群体的蔗糖分比较

蔗糖分是甘蔗制糖的最重要工艺指标，田间锤度是蔗茎糖分的直接体现。由表 4 可知，工艺成熟期 R₁、CK₁ 的蔗糖分和田间锤度总体上均略高于对应的 R₂ 和 CK₂，但差异不显著；从品种个体上看，由于宿根蔗的糖分积累时间较新植蔗长，因此，R₁ 和 CK₁ 的锤度和蔗糖分均略高于新植 GF₀；而 R₂ 和 GF₁ 均属宿根蔗，二者的田间锤度及蔗糖分均相当接近，分别为 22.31~22.45 °Bx 和 15.36%~15.47%。由此可见，桂糖 42 号宿根蔗通过采用 GF 种茎进行种间补种处理，其混合群体中原料蔗茎的制糖品质未受到明显不利影响。

表 4 补种处理后甘蔗群体的田间锤度和蔗糖分

Tab. 4 Brix and sucrose content in sugarcane populations after replanting treatment

甘蔗群体 Sugarcane population	锤度 Brix/°Bx	蔗糖分 Sucrose content/%
GF ₀	21.92 ^{aA}	14.93 ^{aA}
R ₁	22.65 ^{aA}	15.61 ^{aA}
CK ₁	22.61 ^{aA}	15.64 ^{aA}
GF ₁	22.45 ^{aA}	15.47 ^{aA}
R ₂	22.31 ^{aA}	15.36 ^{aA}
CK ₂	22.38 ^{aA}	15.40 ^{aA}

注：同列不同大写字母和小写字母分别表示差异极显著（ $P<0.01$ ）和差异显著（ $P<0.05$ ）。
Note: Different upcase and lowercase letters in the same column indicate extremely significant difference ($P<0.01$) and significant difference ($P<0.05$), respectively.

2.5 种间补种处理后甘蔗群体的经济效益分析

由表 5 可知，经补种处理，宿根蔗获得了显著的增产和增收效果。其中，在相同的补种下种量下，R₂+GF₁ 的新增产值（31 668.00 元/hm²）约是 R₁+GF₀ 的 2.50 倍，扣除农业成本后，R₂+GF₁ 纯增收约为 R₁+GF₀ 的 2.98 倍，究其原因，主要是补种桂福 98-296 延长了 2 a 宿根收获年限，还节约了蔗种费和补种作业费的成本支出。由此可见，GF 种间补种可提高甘蔗群体的有效茎数，延长甘蔗群体的收获年限至少 2 a，极大减少农业成本投入，实现甘蔗种植增产和增收。

由表 6 可知，经种间补种处理后，甘蔗混合群体在显著增产的同时也获得了明显的工业效益，主要表现在甘蔗群体 R₁+GF₀ 和 R₂+GF₁ 的工业产糖量均明显增加；R₁+GF₀ 的产糖量和工业总产值较 CK₁ 分别增加 3.21 t/hm² 和 17 655.00 元/hm²；R₂+GF₁ 的产糖量和工业总产值较 CK₂ 分别增加 8.11 t/hm² 和 47 212.00 元/hm²，2 a 的工业总产值累计增加 64 867.00 元/hm²。因此，GF 种茎补种对甘蔗制糖工业增效发挥着重要作用。

3 讨论

3.1 种间补种处理改善群体组成以实现增产

甘蔗是可多年收获的禾本科糖料作物，以收获地上有效茎为主，可进行多年宿根栽培。但甘蔗宿根栽培一直面临着品种组成单一、产量和宿根年限减少的严重问题^[18-21]。纵观我国甘蔗栽培史，优良新品种对甘蔗品种构成和单产改善虽然发挥着极大的促进作用^[22-23]，但甘蔗种植存在长期连作、育种周期长而新品种更新迭代滞后引发甘蔗主栽品种结构单一化问题，不利于产业结构

表 5 补种处理后甘蔗群体的农业经济效益

甘蔗群体 Sugarcane population	总产量增产 Yield increase /(t·hm ⁻²)	新增产值 Increased output value/(Yuan·hm ⁻²)	补种量 Replanting seedcane rate /(t·hm ⁻²)	农业成本 Agricultural cost/(Yuan·hm ⁻²)			增收 Benefit /(Yuan·hm ⁻²)
				蔗种费 Seedcane cost	补种作业费 Replanting cost	收获人工费 Harvest labor cost	
R ₁ +GF ₀	24.60	12 667.52	1.56	800.64	750.00	2952.00	8164.88
CK ₁	0	0	0	0	0	0	0
R ₂ +GF ₁	60.90	31 668.00	0	0	0	7308.00	24 360.00
CK ₂	0	0	0	0	0	0	0
总计	85.50	44 335.52	1.56	800.64	750.00	10 260.00	32 524.88

注：按 2019/2020、2020/2021 和 2021/2022 年榨季广西原料蔗平均收购价分别为 513.23、514.94 和 520.00 元/t 及补种作业费 750.00 元/hm²、收获人工费 120.00 元/t 计。
Note: The data were calculated based on the average cane prices of 513.23, 514.94 and 520.00 Yuan/t, respectively, in 2019/2020, 2020/2021 and 2021/2022 milling seasons 750.00 Yuan/hm² for replanting, and 120.00 Yuan/t for harvesting labor fees in Guangxi.

表 6 补种处理后甘蔗群体的工业经济效益

甘蔗群体 Sugarcane population	单产 Yield per unit/(t·hm ⁻²)	蔗糖分 Sucrose content/%	产糖量 Sugar yield/(t·hm ⁻²)	工业总产值 Total industrial output/(Yuan·hm ⁻²)	与 CK 相比增长百分比 The growth percentage compared with CK/%
GF ₀	23.40	14.93	3.07	70 235.00	17 655.00
R ₁	70.80	15.61	9.70		
CK ₁	69.60	15.64	9.56	52 580.00	
GF ₁	61.80	15.47	8.27	76 328.00	47 212.00
R ₂	36.75	15.36	4.89		
CK ₂	37.65	15.40	5.02	29 116.00	

注：按 2020/2021 和 2021/2022 年榨季平均回收率分别为 87.81%和 86.54%及广西白砂糖平均销售价分别为 5500.00 和 5800.00 元/t 计。
Note: The data were calculated based on the average sugar recovery rate of 87.81% and 86.54%, and the sugar price of 5500.00 and 5800.00 yuan/t, respectively, in 2020/2021 and 2021/2022 milling seasons in Guangxi.

调整和产量的进一步提升^[24]。迄今，我国已经涌现出许多甘蔗优良新品种，丰富了甘蔗品种构成，单产也得到大幅提高，但这些品种的宿根能力依然不强，且宿根产量逐年锐减，主要原因是大部分栽培品种属于区域化选育，缺乏广适性。因此，区域性加单一化品种构成已是新形势下制约我国甘蔗单产提高的核心问题，在宿根蔗上表现尤其突出，宿根蔗缺株断垄现象极其严重^[4]。本研究结果表明，利用 GF 种茎补种解决缺株断垄问题，在处理后的第 1 年形成 GF₀ 和 R₁ 的二元产量群体，可实现产量与重要农艺性状表现共赢，GF 在桂糖 42 号宿根蔗田中补种的表现与其在田间常规新植表现相同，萌芽出土快，前期生长旺，出苗率、成茎率均达到常规新植的生产水平，意味着 GF 可克服具有光、温、水和植期先决优势的 GT 宿根蔗对其生长发育的不利影响(宿根逆境)；在伸长初期(2023 年 5—6 月)，GF₀ 与 R₁ 的株高和长势基本一致，且补种的 GF₀ 植株绝大多数

能成长为有效茎，弥补 GT 宿根蔗缺株的损失；成熟期 GF₀ 的株高显著高于 R₁，R₁+GF₀ 的总产量显著高于 CK₁；在补种后第 2 年，GF₁ 的发株率极显著高于其他群体，有效茎数在 R₁+GF₀ 和 R₂+GF₁ 中的比例不断增大，显著地促进了补种后宿根蔗混合群体的总产量提高；另外，桂辐 98-296 的生长并未明显受桂糖 42 号宿根蔗(被补种对象)的抑制，这可能是其强逆境适应性特点的体现^[18]。由此可见，GF 补种改善了桂糖 42 号宿根蔗单一的品种结构，可解决甘蔗种植业中宿根蔗因缺株断垄而产量锐减的难题。

3.2 种间补种处理延长宿根年限以提高甘蔗生产力

宿根蔗是甘蔗种植结构的重要组成，占比 60%以上，具有早生、生育期长、早熟和高糖等优点^[20, 25-28]，但其生产力长期受单一化种植结构与品种种性退化的制约。因此，受品种宿根性^[28-29]、种植制度^[30-32]、气候条件^[33]等影响，宿根蔗面临

产量逐年下降的严重问题,其中,品种宿根性又受种植制度和气候条件的严重制约。本研究利用 GF 种茎补种于桂糖 42 号宿根蔗的缺株断垄处后,宿根蔗群体的株高和有效茎数均得到提高,连续 2 年内均表现出较好的稳定性,与罗俊等^[34]研究认为宿根蔗产量性状(株高和有效茎数)的稳定性和适应性是决定其产量和生产年限关键的观点相符。从农艺性状表现看,GF 展现了其对宿根逆境的适应性,提高了甘蔗群体的生产力,实现宿根蔗群体增产。基于本研究中以 GF 种茎进行补种后的甘蔗群体株高和有效茎数表现、甘蔗增产情况及蔗糖分表现判断,在补种后延长 2 a 宿根的基础上,至少还可多留 1~2 a 宿根,其中,群体的有效茎数表现出更明显的稳定性可能是补种处理能延长宿根年限并持续增产的关键^[35]。GT 是早熟高糖品种^[36],也是广西乃至我国种植面积最大的主栽品种,通过 GF 种茎补种于 GT 宿根蔗缺株(株)断垄处,可达到延长甘蔗宿根年限及节约一系列生产成本的目的,其中,农业新增产值约为 CK 的 2.50~2.98 倍,制糖工业新增经济效益 17 655.00~47 212.00 元/hm²。

产量与蔗糖分是糖料蔗生产的 2 项重要指标,也是检验甘蔗栽培技术是否值得推广应用的风向标。综合分析 GF 种茎补种后连续 2 个宿根季的甘蔗群体产量相关农艺性状表现、蔗糖分及其经济效益,结合前人的研究结果,GF 补种技术适合在我国蔗区推广应用,而补种后甘蔗群体响应宿根逆境的分子生态机制有待探究。

4 结论

在机械收获条件下,利用甘蔗良种桂辐 98-296 种茎对我国种植面积最大的主栽品种桂糖 42 号宿根蔗进行补种,可有效解决机械碾压后宿根蔗缺株断垄严重问题,显著增加甘蔗群体的有效茎数,延长 2 年宿根年限,增产增收效果明显。因此,桂辐 98-296+桂糖 42 号补种技术体系适合在我国蔗区推广应用。

参考文献

- [1] 丘立杭, 范业庚, 周慧文, 陈荣发, 黄杏, 罗含敏, 杨荣仲, 段维兴, 刘俊仙, 吴建明. 合理密植下强分蘖甘蔗品种性状及产量分析[J]. 热带作物学报, 2019, 40(6): 1075-1082. QIU L H, FAN Y G, ZHOU H W, CHEN R F, HUANG X, LUO H M, YANG R Z, DUAN W X, LIU J X, WU J M. Analysis of rational close planting with agronomic traits and yield in intense tillering ability sugarcane variety[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2019, 40(6): 1075-1082. (in Chinese)
- [2] BHATT R, SINGH P, ALI O M, LATEF A A H A, LAING A M, HOSSAIN A. Yield and quality of ratoon sugarcane are improved by applying potassium under irrigation to potassium deficient soils[J]. Agronomy, 2021, 11(7): 1381.
- [3] DE SOUZA F G, ALVAREZ R D C F, TEODORO L P R, SALES A C, CAMPOS C N S, TEODOROL P E. Planting arrangement and seedling type influence yield and quality of ratoon sugarcane[J]. Sugar Tech, 2022, 24(2): 1590-1596.
- [4] 周海燕, 贾如, 赵凤敏, 罗锡文, 高巧明, 罗朝东, 杨炳南, 方宪法, 曾山, 景全荣. 广西农业机械化发展路径研究[J]. 农业机械学报, 2024, 55(增刊 2): 240-245. ZHOU H Y, JIA R, ZHAO F M, LUO X W, GAO Q M, LUO C D, YANG B N, FANG X F, ZENG S, JING Q R. Development path of agricultural mechanization in Guangxi[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2024, 55(Suppl. 2): 240-245. (in Chinese)
- [5] 刘庆庭, 黄瑶, 蒋姣丽, 武涛. 甘蔗机械化收获技术与装备研究综述[J]. 农业机械学报, 2024, 55(12): 1-21. LIU Q T, HUANG Y, JIANG J L, WU T. Technology and equipment of sugarcane harvesting mechanization review[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2024, 55(12): 1-21. (in Chinese)
- [6] 李毅杰, 梁强, 董文斌, 陈泉, 刘晓燕, 谢金兰, 李长宁, 王维赞, 李杨瑞. 土壤压实对宿根甘蔗出苗及根系形成的影响[J]. 西南农业学报, 2017, 30(9): 2041-2047. LI Y J, LIANG Q, DONG W B, CHEN Q, LIU X Y, XIE J L, LI C N, WANG W Z, LI Y R. Effect of mechanical compaction on seedling emergence and roots formation of ratoon sugarcane[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2017, 30(9): 2041-2047. (in Chinese)
- [7] 高欣欣, 刘高源, 刘少春, 郭家文. 机械压实对蔗田土壤和甘蔗根系的影响研究进展[J]. 热带农业科学, 2020, 40(11): 29-34. GAO X X, LIU G Y, LIU S C, GUO J W. Research progress in the effect of mechanical compaction on soil and root growth in sugarcane fields[J]. Chinese Journal of Tropical Agriculture, 2020, 40(11): 29-34. (in Chinese)
- [8] 游建华, 邓智年, 黄全宝, 黄日宏, 梁闾, 樊保宁, 谭宏伟, 周世福, 黄研章, 贾兆雄. 种茎直接补种宿根蔗延长年限新技术降本增效分析与展望[J]. 甘蔗糖业, 2021, 50(2): 14-22. YOU J H, DENG Z N, HUANG Q B, HUANG R H, LIANG T, FAN B N, TAN H W, ZHOU S F, HUANG Y Z, JIA Z X. The analysis of cost reduction and efficiency increase and

- prospect of the new technology of direct replanting seed cane on ratoon sugarcane[J]. *Sugarcane and Canesugar*, 2021, 50(2): 14-22. (in Chinese)
- [9] 韦昌联. 广西蔗区新台糖 22 号种性退化现状分析及对策措施[J]. *南方农业学报*, 2012, 43(12): 2113-2117.
- WEI C L. Analysis and countermeasures of the degradation status of sugarcane variety ROC22 in Guangxi[J]. *Journal of Southern Agriculture*, 2012, 43(12): 2113-2117. (in Chinese)
- [10] 梁闾, 游建华, 吴凯朝, 韦贵剑, 廖庆才. 桂辐 98-296 种茎直接补种新台糖 22 号宿根蔗试验研究初报[J]. *广西糖业*, 2016(4): 3-9.
- LIANG T, YOU J H, WU K C, WEI G J, LIAO Q C. Preliminary study report on using Guifu 98-296 seed cane to reseed in ROC22 ratoon[J]. *Guangxi Sugar Industry*, 2016(4): 3-9. (in Chinese)
- [11] 梁闾, 吴凯朝, 游建华, 廖庆才, 樊保宁. 下种时段与植蔗沟深度对种茎直接补种宿根甘蔗农艺性状的影响[J]. *热带农业科学*, 2017, 37(5): 1-4, 23.
- LIANG T, WU K C, YOU J H, LIAO Q C, FAN B N. Effect of replanting time and depth of seed cane on agronomic traits of sugarcane ratoon[J]. *Chinese Journal of Tropical Agriculture*, 2017, 37(5): 1-4, 23. (in Chinese)
- [12] 樊保宁, 游建华, 谭宏伟, 梁闾, 吴凯朝, 廖庆才. 桂辐 98-296 种茎补种新台糖 22 号宿根蔗对甘蔗产量和品质的影响[J]. *南方农业学报*, 2018, 49(8): 1512-1516.
- FAN B N, YOU J H, TAN H W, LIANG T, WU K C, LIAO Q C. Effects of filling in the blank of ROC22 ratoon crop field with Guifu 98-296 seed cane on sugarcane yield and quality[J]. *Journal of Southern Agriculture*, 2018, 49(8): 1512-1516. (in Chinese)
- [13] 游建华, 梁闾, 樊保宁, 吴凯朝, 黄日宏, 谭宏伟, 廖庆才. ‘桂辐 98-296’种茎补种‘桂糖 42 号’宿根蔗农艺性状与效益分析[J]. *农学报*, 2019, 9(9): 17-22.
- YOU J H, LIANG T, FAN B N, WU K C, HUANG R H, TANG H W, LIAO Q C. Research and benefit analysis of directly replanting seed cane in GT42 ratoon: an example of Xiangzhou, Guangxi in 2017[J]. *Journal of Agriculture*, 2019, 9(9): 17-22. (in Chinese)
- [14] 游建华, 梁闾, 樊保宁, 吴凯朝, 谭宏伟, 黄日宏, 贾兆雄, 蔡拥明. 种茎直接补种对甘蔗宿根性的影响——以 2017 年广西融水苗族自治县试验为例[J]. *热带作物学报*, 2020, 41(9): 1790-1796.
- YOU J H, LIANG T, FAN B N, WU K C, TAN H W, HUANG R H, JIA Z X, CAI Y M. Effects of direct replanting seed cane on ratoon sugarcane, a case study in Rongshui Miao Autonomous County, Guangxi in 2017[J]. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2020, 41(9): 1790-1796. (in Chinese)
- [15] 陈用, 韦维, 韦晓, 罗奥柔, 韦贵剑, 陈燕, 蓝现丹, 莫乘宝. 桂辐 98-296 种茎直接补种台优宿根蔗试验初报[J]. *热带农业科学*, 2018, 38(5): 14-19.
- CHEN Y, WEI W, WEI X, LUO A R, WEI G J, CHEN Y, LAN X D, MO C B. Direct replanting of sugarcane Guifu 98-296 seed stem in the sugarcane taiyou ratoon field[J]. *Chinese Journal of Tropical Agriculture*, 2018, 38(5): 14-19. (in Chinese)
- [16] 何远, 覃晓远, 韦志英. 桂糖 44 号种茎补种新台糖 22 号宿根蔗对甘蔗产量的影响[J]. *科技新时代*, 2022(4): 215-216.
- HE Y, QIN X Y, WEI Z Y. Effects on sugarcane yield of ROC22 ratoon by replanting Guitang 44 seed stems[J]. *New Era of Science and Technology*, 2022(4): 215-216. (in Chinese)
- [17] 徐林, 黄海荣, 游建华, 覃晓远, 何远, 邓智年, 丘立杭, 韦日辉, 张有光, 韦强, 黄日宏, 庞天, 覃朝龙, 黄振文. 单芽段种茎机械直接补种作业对宿根蔗的影响[J]. *广西糖业*, 2022, 42(2): 3-9.
- XU L, HUANG H R, YOU J H, QIN X Y, HE Y, DENG Z N, QIU L H, WEI R H, ZHANG Y G, WEI Q, HUANG R H, PANG T, QIN C L, HUANG Z W. Effect of mechanical replanting on ratoon cane with single bud section[J]. *Guangxi Sugar Industry*, 2022, 42(2): 3-9. (in Chinese)
- [18] 游建华, 刘红坚, 刘丽敏, 白群, 吴凯朝, 韦坚, 李松, 淡明. 甘蔗新品种‘桂辐 98-296’与当家品种的对比示范试验及效益分析[J]. *农学报*, 2014, 4(11): 23-25.
- YOU J H, LIU H J, LIU L M, BAI Q, WU K C, WEI J, LI S, DAN M. Comparative experiment and benefit analysis between new sugarcane variety ‘Guifu 98-296’ and dominant sugarcane variety[J]. *Journal of Agriculture*, 2014, 4(11): 23-25. (in Chinese)
- [19] GRAVOIS K A, ZHOU M M, HOFFMANN H P, PIPERIDIS G, BADALOO G. Breeding new sugarcane varieties with enhanced ratooning ability[J]. *International Sugar Journal*, 2019, 121: 284-289.
- [20] XU F, WANG Z T, LU G L, ZENG R S, QUE Y X. Sugarcane ratooning ability: research status, shortcomings, and prospects[J]. *Biology*, 2021, 10(10): 1052.
- [21] DLAMINI N E, ZHOU M. Soils and seasons effect on sugarcane ratoon yield[J]. *Field Crops Research*, 2022, 284: 108588.
- [22] 邓军, 杨绍聪, 杨云伟, 樊仙, 字文梅, 魏兰, 张跃彬. 甘蔗新品种在耿马蔗区轻简栽培产量及经济效益的比较[J]. *热带作物学报*, 2018, 39(3): 421-425.
- DENG J, YANG S C, YANG Y W, FAN X, ZI W M, WEI L, ZHANG Y B. Yield and economic benefit of new sugarcane varieties under simplified cultivation in gengma sugarcane area of Yunnan[J]. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2018, 39(3): 421-425. (in Chinese)
- [23] 罗含敏, 周慧文, 闫海峰, 周忠凤, 范业赓, 罗霆, 陈荣发, 段维兴, 刘俊仙, 丘立杭, 吴建明. 甘蔗产量形成的要素

- 及其化控措施[J]. 广西糖业, 2020(4): 8-14.
- LUO H M, ZHOU H W, YAN H F, ZHOU Z F, FAN Y G, LUO T, CHEN R F, DUAN W X, LIU J X, QIU L H, WU J M. The key factors of affecting the sugarcane yield formation and its chemical control strategies[J]. Guangxi Sugar Industry, 2020(4): 8-14. (in Chinese)
- [24] 邓宇驰, 王伦旺, 韦金凡, 贤武, 经艳. 广西蔗区甘蔗品种结构优化的途径及思考——以金光农场为例[J]. 种子, 2018, 37(5): 110-112.
- DENG Y C, WANG L W, WEI J F, XIAN W, JING Y. Approach and thinking of sugarcane variety structure optimization in sugarcane planting areas in Guangxi—a case study of Jinguang farm[J]. Seed, 2018, 37(5): 110-112. (in Chinese)
- [25] 周可湧. 宿根甘蔗丰产的关键[J]. 中国农业科学, 1961(8): 43-47.
- ZHOU K Y. Key factors for the high yield of ratoon sugarcane[J]. Scientia Agricultura Sinica, 1961(8): 43-47. (in Chinese)
- [26] 苏汉华. 谈谈宿根蔗增产的技术关键[J]. 甘蔗糖业, 1980(7): 12-13.
- SU H H. Discussing the technical key points for increasing the yield of ratoon sugarcane[J]. Sugarcane and Canesugar, 1980(7): 12-13. (in Chinese)
- [27] 苏广达, 吴伯焜. 宿根甘蔗生物学特性的综述[J]. 甘蔗糖业, 1980(12): 10-13.
- SU G D, WU B Q. A review of the biological characteristics of perennial sugarcane[J]. Sugarcane and Canesugar, 1980(12): 10-13. (in Chinese)
- [28] ZHOU M M, SHOKO M D. Simultaneous selection for yield and ratooning ability in sugarcane genotypes using analysis of covariance[J]. South African Journal of Plant and Soil, 2012, 29(2): 93-100.
- [29] 杨荣仲, 周会, 梁强, 唐仕云, 王伦旺, 桂意云, 黄海荣, 黄赞斌, 贤武, 雷敬超. 甘蔗家系宿根性分析[J]. 热带作物学报, 2021, 42(7): 1932-1940.
- YANG R Z, ZHOU H, LIANG Q, TANG S Y, WANG L W, GUI Y Y, HUANG H R, HUANG Z B, XIAN W, LEI J C. Analysis of ratooning ability for sugarcane families[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2021, 42(7): 1932-1940. (in Chinese)
- [30] 孙丽娅, 上野正实, 永田雅辉. 不同栽培法和收割期对甘蔗单产及含糖量影响的分析[J]. 中国生态农业学报, 2009, 17(5): 992-996.
- SUN L Y, MASAMI U E N O, MASATERU N A G A T A. Effect of cropping approach and harvest time on yield and sugar content of sugarcane[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2009, 17(5): 992-996. (in Chinese)
- [31] 黄艳芸, 宁嘉丽, 李桂芳, 杨任翔, 王坚桦, 陈钊柱. 甘蔗种植方式对蔗地土壤侵蚀及氮素流失特征的影响[J]. 水土保持通报, 2022, 42(6): 121-128.
- HUANG Y H, NING J L, LI G F, YANG R X, WANG J H, CHEN Z Z. Effects of planting methods on soil erosion and nitrogen loss in a sugarcane field[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2022, 42(6): 121-128. (in Chinese)
- [32] 苏利荣, 谭裕模, 秦芳, 李琴, 曾成城, 李忠义, 韦彩会, 董文斌, 梁俊, 何铁光. 绿豆/黑豆压青还田下减量施肥对宿根甘蔗产量和主要农艺性状的影响[J]. 作物杂志, 2022(6): 105-110.
- SU L R, TAN Y M, QIN F, LI Q, ZENG C C, LI Z Y, WEI C H, DONG W B, LIANG J, HE T G. Effects of reduced chemical fertilizer on yield and main agronomic traits of ratoon sugarcane under conditions of returning green mung bean/lack bean into field[J]. Crops, 2022(6): 105-110. (in Chinese)
- [33] 陈燕丽, 冯利平, 丁美花, 莫伟华, 匡昭敏. 气象因子对广西新植蔗和宿根蔗茎伸长的影响[J]. 作物学报, 2016, 42(4): 583-590.
- CHEN Y L, FENG L P, DING M H, MO W H, KUANG Z M. Effects of meteorological factors on stalk elongation in new-planting and ratooning sugarcane[J]. Acta Agronomica Sinica, 2016, 42(4): 583-590. (in Chinese)
- [34] 罗俊, 袁照年, 张华, 陈由强, 陈如凯. 宿根甘蔗产量性状的稳定性分析[J]. 应用与环境生物学报, 2009, 15(4): 488-494.
- LUO J, YUAN Z N, ZHANG H, CHEN Y Q, CHEN R K. Stability analysis on yield characters of sugarcane ratoon[J]. Chinese Journal of Applied and Environmental Biology, 2009, 15(4): 488-494. (in Chinese)
- [35] 刘晓燕, 梁强, 李毅杰, 谢金兰, 董文斌, 李长宁, 陆文娟, 韦开军, 李文教, 邱文武, 庞华莒. 广西甘蔗新品种区域试验宿根蔗适应性及稳定性分析[J]. 南方农业学报, 2016, 47(1): 37-42.
- LIU X Y, LIANG Q, LI Y J, XIE J L, DONG W B, LI C N, LU W J, WEI K J, LI W J, QIU W W, PANG H J. Adaptation and stability analysis of ratoon sugarcane in Guangxi new sugarcane variety regional trial[J]. Journal of Southern Agriculture, 2016, 47(1): 37-42. (in Chinese)
- [36] 邓宇驰, 王伦旺, 王泽平, 黄海荣, 贤武. 甘蔗品种桂糖 42 号的种性及其高产稳产性分析与评价[J]. 南方农业学报, 2018, 49(1): 42-47.
- DENG Y C, WANG L W, WANG Z P, HUANG H R, XIAN W. Analysis and evaluation for varietal characteristics and high yield stability of sugarcane variety Guitang 42[J]. Journal of Southern Agriculture, 2018, 49(1): 42-47. (in Chinese)