

元江干热河谷区甘蔗实生苗材料生态适应性试验初报

张燕艳 李秀梅 杨丽华 李超 王少河*
元江哈尼族彝族傣族自治县种植业发展服务中心
DOI:10.32629/as.v9i5.4008

[摘要] 为选育适应元江干热河谷区独特气候条件的高产、高糖甘蔗实生苗新品系,本文对前期筛选出的4份甘蔗实生苗材料(A11、A13-1、A13-2、A13-3)进行了连续两年新植和一年宿根的比较试验。结果表明:材料A11在糖分和宿根性方面表现优异,其平均蔗糖分达16.75%,宿根发株率为206.30%,公顷蔗茎产量和含糖量分别为112.01 t/hm²和16.12 t/hm²,较对照品种新台糖1号(CK₁)和新台糖22号(CK₂)增产增糖幅度均超过13.58%。材料A13-1产量潜力最为突出,平均蔗茎产量达151.55 t/hm²,较CK₁显著增产53.68%。材料A13-2则表现出明显的大茎特性,平均茎径最粗,为3.07 cm。

[关键词] 甘蔗; 实生苗; 生态适应性; 干热河谷; 抗旱育种

中图分类号: S566.1 **文献标识码:** A

Preliminary Report on the Ecological Adaptability Test of Sugarcane Seedling Materials in the Yuanjiang Dry-hot Valley Region

Yanyan Zhang Xiumei Li Lihua Yang Chao Li Shaohe Wang*
Yuanjiang County Crop Cultivation Development Service Center

[Abstract] To breed new high-yield and high-sugar sugarcane seedling lines adapted to the unique climatic conditions of the Yuanjiang Dry-hot Valley Region, a comparative trial involving two years of plant cane and one year of ratoon crop was conducted on four previously selected sugarcane seedling materials (A11, A13-1, A13-2, A13-3). The results showed that material A11 performed excellently in terms of sugar content and ratooning ability. Its average sucrose content reached 16.75%, with a ratoon tillering rate of 206.30%. Its cane stalk yield and sugar yield per hectare were 112.01 t/hm² and 16.12 t/hm², respectively, exceeding those of the control varieties ROC1 (CK₁) and ROC22 (CK₂) by over 13.58% in both yield and sugar yield. Material A13-1 demonstrated the most outstanding yield potential, with an average cane stalk yield of 151.55 t/hm², representing a significant increase of 53.68% compared to CK₁. Material A13-2 exhibited notable large-stalk characteristics, possessing the thickest average stalk diameter of 3.07 cm.

[Key words] Sugarcane; Seedling; Ecological adaptability; Dry-hot valley; Drought resistance breeding

引言

甘蔗(*Saccharum officinarum* L.)是全球最重要的糖料作物和极具潜力的生物能源作物,对保障国家食糖安全与能源多元化具有重要意义^[1]。元江干热河谷区光热资源极为丰富,年均温高达24.2℃,≥10℃活动积温达7850℃,为甘蔗的高效光合生产和糖分积累提供了得天独厚的自然条件。然而,该地区生态脆弱性突出,干旱问题严峻,年蒸发量远超降水量(蒸发量>2000 mm vs. 降水量≈820 mm),水分供需矛盾尖锐,严重制约了甘蔗产业的稳定与可持续发展^[2]。当前,元江地区的主栽品种仍以新台糖系列、云蔗08-1609等为主,长期种植已出现品种退化、抗旱性减弱、宿根性不强等问题^[3],导致种植效益下滑。宿根栽培因其能节约种苗、降低生产成本、缩短田间生长周期并提早成熟,在甘蔗生产

中占据重要地位^[4]。因此,在气候变化背景下,选育兼具高产高糖与优良抗旱耐高温宿根性强的甘蔗新品种,对于保障元江乃至类似生态区甘蔗产业的可持续性与竞争力显得尤为关键^[5]。

本文于2019-2023年从云南省农业科学院甘蔗研究所提供的231份甘蔗实生苗群体中,经过多轮初筛获得19份潜力材料,于2023-2024年精选出4份材料(A11、A13-1、A13-2、A13-3),通过规范的两年新植和一年宿根观察试验,结合深耕整地、种苗消毒处理和病虫害综合防控等配套农艺措施,系统评价其在元江干热河谷生态条件下的农艺性状、产量结构、糖分品质及宿根表现,旨在筛选出适应性广、综合性能优良的甘蔗新种质,为当地品种更新换代提供科学依据,并为同类生态区甘蔗抗旱育种工作提供有益参考^[6,7]。

表 1 2023-2025 年新植及宿根参试材料主要农艺形状表现

品种名称	出苗率%	分蘖率%	发株率%	单茎重/kg	株高/CM			平均	茎径/CM			平均	有效茎径(条/667 m²)			
					2023 年新植	2024 年新植	2025 年宿根		2023 年新植	2024 年新植	2025 年宿根		2023 年新植	2024 年新植	2025 年宿根	平均
A11	66.04a	95.50b	206.30a	1.32b	295	293	298	295b	2.64	2.80	2.74	2.73b	5980	5251	5740	5657b
A13-1	60.85ab	75.00a	104.50c	1.58a	291	297	302	297b	2.96	3.02	2.92	2.97ab	7117	5950	6117	6395a
A13-2	60.85ab	79.00a	129.40bc	1.38b	291	280	284	285b	3.18	3.00	3.04	3.07a	6240	5644	5860	5915ab
A13-3	75.00a	98.00b	189.50ab	1.43ab	277	265	253	265c	3.03	2.86	2.86	2.91ab	5621	4864	5240	5242b
CK1	60.04b	62.80a	156.80bc	1.42ab	328	299	301	309a	2.62	2.85	2.68	2.72b	4383	4855	4652	4630c
CK2	66.04a	59.50a	89.70c	1.45ab	291	316	287	298b	2.59	2.85	2.86	2.77b	5336	3534	4289	4386c

注：同列数据后不同字母表示在 0.05 水平上差异显著。出苗率、分蘖率为两年新植平均值；宿根发株率为 2024 年宿根数据；株高、茎径、有效茎数为两年新植一年宿根的综合平均值。

表 2 2023-2025 年新植及宿根参试材料蔗茎产量、蔗糖分及含糖量

品种	蔗茎产量(t/hm²)						各月甘蔗糖分/%				含糖量(kg/亩)					
	2023 年新植	2024 年新植	2025 年宿根	平均	与 CK1/%	与 CK2/%	11 月	12 月	1 月	平均	2023 年新植	2024 年新植	2025 年宿根	平均	与 CK1/%	与 CK2/%
A11	118.40	103.97	113.65	112.01bc	13.58	17.41	15.1	17.47	17.68	16.75a	1176	1076.44	980.40	1077.22a	35.98	52.14
A13-1	168.67	141.02	144.97	151.55a	53.68	58.86	13.6	14.21	15.2	14.34b	1066.3	1212.15	896.22	1054.88a	33.11	48.92
A13-1	129.17	116.83	121.30	122.43ab	24.15	28.33	12.0	14.9	15.2	14.03b	970.8	1166.53	929.15	1022.16a	28.99	44.31
A13-1	124.79	107.98	116.33	116.37bc	21.26	21.97	14.0	15.73	15.8	15.18ab	940.36	1093.79	934.25	989.47a	24.86	39.69
CK1	93.36	103.41	99.09	98.62c	——	3.37	14.4	16.6	16.8	15.93ab	767.33	921.23	688.83	792.46b	——	11.88
CK2	116.06	76.86	93.29	95.40c	3.26	——	14.8	15.73	16.1	15.54ab	613.77	928.30	582.92	780.33b	-10.62	——

注：各月甘蔗糖分分为 2023 年新植、2024 年新植、2024 年宿根的平均值；同列不同字母表示差异显著(p<0.05)

1 材料与方法

1.1 试验材料

参试材料为 4 份由云南省农业科学院甘蔗研究所选育提供的甘蔗实生苗初选优良品系 A11、A13-1、A13-2、A13-3。对照品种为新台糖 1 (CK₁) 和新台糖 22 (CK₂)。

1.2 试验设计与方法

试验采用随机区组排列，设 6 个处理 (4 个参试材料+2 个对照)，2 次重复。小区行距 1.1 m，行长 7 m，四周设置保护行。试验周期为两年新植 (2023 年、2024 年) 和一年宿根 (2025 年宿根，由 2024 年新植蔗留养)，以便评价其产量稳定性和宿根性。

1.3 试验地概况与田间管理

试验地点在元江县种植业发展服务中心小白田基地 (E101° 58′，N23° 35′)，海拔 450 m，水稻土 (pH 6.8，有机质 1.2%)，前茬甘蔗，田间试验期降雨量 820 mm，≥10℃ 积温 7850℃，年均温 24.2℃。新植时间是 2023 年 3 月 15 日和 2024 年 3 月 28 日。施复混肥 40 kg/667 m² 和有机肥 80 kg/667 m² 作基肥，施联苯噻虫胺

3 kg/667 m² 防治地下害虫。新植和宿根分别施复混肥 40 kg/667 m²、尿素 40 kg/667 m² 作追肥，适时防治甘蔗绵蚜和蓟马等，其他田间管理措施与当地大田生产一致。

1.4 性状调查

农艺性状：于苗期、分蘖期及成熟期，每小区定点调查，记录初出苗率、分蘖率、宿根发株率、株高、茎径及有效茎数等。

产量与品质性状：收获期测定蔗茎产量，计算公式为：蔗茎产量=有效茎数×单茎重。蔗糖分采用 Winter-Carp 法进行计算；含糖量=蔗茎产量×蔗糖分。于 11 月、12 月及次年 1 月使用手持折光仪定期测定田间锤度，以分析糖分积累动态。

工艺品质：于 1 月份工艺成熟期取样，参照行业标准方法测定甘蔗纤维分、还原糖、重力纯度及简纯度等关键工艺指标。

1.5 数据分析

采用 DPS v7.05 软件进行方差分析 (ANOVA)，多重比较采用 Duncan’s 新复极差法 (p<0.05)。

2 结果与分析

表3 各参试材料工艺性状测定结果(1月份样本)

品种名称	含糖分(%)	纤维分(%)	还原糖(%)	简纯度(%)	重力纯度(%)	磷酸值含量(PPM)	水分百分比(%)
A11	16.60	12.47	0.28	88.91	89.63	491	52.0
A13-1	16.21	12.17	0.52	88.36	89.19	560	54.0
A13-2	15.66	12.56	0.22	86.96	87.64	556	53.5
A13-3	15.35	12.86	0.19	90.71	91.37	584	53.0
新台糖1号(CK ₁)	15.64	12.14	0.28	86.27	87.11	480	53.5
新台糖22号(CK ₂)	16.66	11.75	0.24	89.76	90.44	521	51.5

2.1 农艺性状表现

2.1.1 出苗率与分蘖率

从表1可知,各材料出苗率介于60.04%~75.00%之间,其中A13-3出苗率最高,显著优于CK₁($p<0.05$)。所有参试材料的平均分蘖率(75.00%~98.00%)均显著高于两个对照品种(CK₁:62.80%; CK₂:59.50%),显示出较强的分蘖能力。

2.1.2 宿根发株率

参试材料宿根发株率变幅为89.70%~206.30%。A11发株能力最强,发株率高达206.30%,极显著高于对照。A13-3表现出较好的宿根性(189.50%),此性状是降低生产成本和保障稳产的关键。

2.1.3 株高与茎径

参试材料平均株高(265~297cm)普遍低于对照,在茎径方面,A13-1、A13-2和A13-3的平均茎径(2.91~3.07cm)均优于对照,其中A13-2茎径最粗(3.07cm),为大茎型种质的典型特征。

2.1.4 有效茎数

所有参试材料的平均有效茎数(5242~6395条/667m²)均显著高于CK₁和CK₂,这是其构成高产的重要基础。特别是A13-1,有效茎数比CK₁多38.12%,群体优势明显。

2.2 蔗茎产量表现

新植蔗产量:在两年新植试验中,所有参试材料的平均蔗茎产量均高于对照。A13-1表现最为突出,平均产量达154.84 t/hm²,较CK₁和CK₂增产幅度分别为57.39%和60.52%。

宿根蔗产量:2025年宿根试验中(表2),参试材料产量在113.65~144.97 t/hm²之间,且均高于对照。A13-1宿根产量最高,为144.97 t/hm²,较CK₁和CK₂分别增产46.30%和55.40%,表现较好。

综合产量,综合两年新植和一年宿根的数据(表2),A13-1和A13-2的平均蔗茎产量显著高于对照($p<0.05$)。其中A13-1综合产量达151.55 t/hm²,较CK₁和CK₂增产53.68%和58.86%,高产潜力显著。

2.3 蔗糖分与含糖量分析

糖分是评价甘蔗品种经济价值的核心指标。由表2可知,材料A11的糖分表现最优异,其平均蔗糖分达16.75%,显著高于

A13-1和A13-2,且分别比CK₁和CK₂高0.82和1.21个百分点。从糖分积累动态看,A11在11月至1月各时期的蔗糖分均持续高于对照,在12月和1月优势更为明显,表现出良好的早熟高糖特性。其他参试材料的平均蔗糖分与对照相比无显著优势。

参试材料的平均含糖量表现为A13-1>A13-3>A11≈A13-2,且均显著高于两个对照品种($p<0.05$)。与CK₁相比,A13-1、A13-3、A11和A13-2的增糖率分别为35.98%、33.11%、28.99%和24.86%。含糖量综合反映了产量和糖分,A13-1因其极高的产量而含糖量最高,而A11优异的糖分和良好的产量,含糖量也位居前列。

2.4 关键工艺品质评价

对1月份工艺成熟期的样品分析结果(表3)表明,甘蔗含糖分是甘蔗品质最重要的工艺性状,是决定品种能否推广的重要经济指标。四个参试材料甘蔗含糖分在15.35%~16.60%之间,A11、A13-1、A13-2高于CK₁而低于CK₂。纤维分(12.17%~12.86%)均处于11%~13%的理想范围内,且普遍高于对照,有利于植株抗倒伏与抗病虫能力。还原糖含量以A13-1最高(0.52%),可能对其制糖结晶略有不利影响。A13-3在重力纯度和简纯度上均为最高,且所有参试材料的纯度均高于CK₁,显示出较好的蔗汁品质。

3 讨论

3.1 生态适应性

4份参试实生苗材料在元江干热河谷环境下,表现出较好的生态适应性,这主要体现在水分高效利用和耐高温特性上。材料A11和A13-3的宿根发株率较高(>189.50%),这通常与发达的地下根系系统和较强的顶端优势控制有关,符合Inman-Bamber等人^[8]提出的优良抗旱种质应具备的根系形态特征。高温响应下,A13系列材料在分蘖期(均温>25℃)保持75%以上分蘖率,可能具有热激蛋白(HSPs)调控机制^[9]具有宿根优势。

3.2 育种价值评估

A13-1高产型种质,有效茎数优势(+38.12% vs CK₁)是其高产基础,符合Jackson^[10]提出的群体产量模型;A11高糖特异种质,平均糖分16.75%达育种优良标准^[10],有早糖优势可延长榨季;A13-2大茎型材料(茎径3.07cm),生物量大,适宜机械化收割。

4 小结

(1) A13-1综合表现最优, 具有最高的蔗茎产量(新植154.84 t/hm², 宿根144.97 t/hm², 综合151.55 t/hm²), 显著高于CK₁和CK₂增产53.68%~60.52%; 其高产主要源于高有效茎数, 比CK₁高38.12%, 比CK₂高45.80%和较优茎径(2.91cm), 公顷蔗茎产量和含糖量均居参试材料首位, 是综合性状表现较好的一个材料, 建议给予适当扩繁观察。(2) A11糖分特性突出, 平均蔗糖分达16.75%, 显著高于对照(比CK₁高0.82个百分点, 比CK₂高1.21个百分点), 且宿根发株率最高(206.30%), 表明其宿根性强, 适合降低长期种植成本。(3) 所有参试材料均适应元江干热河谷环境, 出苗率60.04%~75%、分蘖率75%~98%和宿根发株率89.70%~206.30%均优于或接近对照, 表现出较好的抗旱和耐高温潜力。

综上所述, A13-1为高产潜力品系材料, 综合产量151.55 t/hm², 较对照增产>53.68%。A11为高糖宿根优势明显品系材料, 蔗糖分16.75%且宿根发株率达206.30%。A13-2具大茎特性(茎径3.07cm), 生物产量优势突出, 适合在元江干热河谷区推广, 可为当地甘蔗品种更新及产业可持续发展提供种质支撑, 后续建议需开展多点多年试验验证稳定性。

[参考文献]

[1] CHEAVEGATTI-GIANOTTO A, et al. Sugarcane (*Saccharum X officinarum*): A Reference Study for Regulatory Practices[J]. *GM Crops Food*, 2011, 2(1): 62-77.

[2] 刘少春. 云南干热河谷甘蔗抗旱栽培技术体系[J]. 中国

糖料, 2015, 37(4): 67-70.

[3] 张跃彬. 云南甘蔗品种改良的成就与展望[J]. 甘蔗糖业, 2020(2): 1-6.

[4] 马丽. 国内甘蔗种质六年宿根蔗的产量评价[J]. 中国糖料, 2012(4): 29-32.

[5] TEW T L, et al. Sugarcane improvement for sustainable agriculture[J]. *J Sustain Dev*, 2014, 7(5): 1-14.

[6] LAKSHMANAN P, et al. Sugarcane biotechnology: Challenges and opportunities[J]. *In Vitro Cell Dev Biol-Plant*, 2005, 41(3): 345-363.

[7] SINGH R K, et al. Marker-assisted selection in sugarcane[J]. *Sugar Tech*, 2014, 16(3): 239-252.

[8] INMAN-BAMBER N G, SMITH D M. Water stress effects on sugarcane quality[J]. *Field Crops Res*, 2005, 92(2-3): 291-306.

[9] WATT D A, et al. Heat shock protein responses to thermotolerance in sugarcane[J]. *J Plant Physiol*, 2020, 249: 153168.

[10] JACKSON P A. Breeding for improved sugar content[J]. *Field Crops Res*, 2005, 92(2-3): 277-290.

作者简介:

张燕艳(1990--), 女, 彝族, 云南新平人, 大学本科, 元江哈尼族彝族傣族自治县种植业发展服务中心, 高级农艺师, 主要从事农业技术推广工作。