

龙陵县冷凉烟区抗冷促根与营养调控配套技术的应用效应及适配性研究

刘燕^{1*}, 梁汝金¹, 杨朝伟², 张兴仁², 王健宇¹, 杨茂凡¹, 何朝凤¹

¹保山市烟草公司龙陵分公司, 云南 保山

²保山市烟草公司, 云南 保山

收稿日期: 2026年3月23日; 录用日期: 2026年4月22日; 发布日期: 2026年4月30日

摘要

为探究龙陵县冷凉烟区抗冷促根与营养调控配套技术的应用效应及区域适配性, 以龙新、象达烟区云烟100为试验材料, 设置7个单一措施处理及4种典型配套技术组合, 测定分析烟株根冠发育、农艺性状及烟叶产质量相关指标, 结合隶属函数法综合评价技术效应。结果表明, 配套技术的应用效应显著优于单一措施, 能实现烟株根冠生物量与根冠比的均衡提升, 全面优化株高、茎围、叶面积等农艺性状, 解决了单一措施存在的根系发育不足、冠层徒长或产质矛盾等问题, 实现烟叶产量与品质的协同提升。其中黄腐酸钾 + 低温保护剂、生物有机肥 + 氨基酸灌根为该区最优配套组合, 两区应用后亩产值均突破4500元, 较常规提升超30%。龙新、象达烟区呈现差异化的技术适配规律, 象达烟区土壤肥力响应敏感、烟株生长基础好, 适配黄腐酸钾 + 低温保护剂的高强度调控组合; 龙新烟区烟株前期生长基础较弱, 更适配生物有机肥 + 氨基酸灌根的温和型高性价比组合, 技术适配核心为调控强度与烟区生态承载力、烟株生长基础精准匹配。本研究构建了龙陵县冷凉烟区针对性的抗冷促根与营养调控配套技术体系, 为滇西及同类冷凉烟区烤烟优质高效栽培提供了技术支撑与实践参考。

关键词

冷凉烟区, 烤烟, 抗冷促根, 营养调控, 配套技术, 区域适配性, 根冠协同

*第一作者。

Study on the Application Effects and Adaptability of Integrated Techniques for Cold Resistance, Root Promotion and Nutrient Regulation in the Cool Tobacco-Growing Area of Longling County

Yan Liu^{1*}, Rujin Liang¹, Chaowei Yang², Xingren Zhang², Jianyu Wang¹, Maofan Yang¹, Chaofeng He¹

¹Longling Branch of Baoshan Tobacco Company, Baoshan Yunnan

²Baoshan Tobacco Company, Baoshan Yunnan

Received: March 23, 2026; accepted: April 22, 2026; published: April 30, 2026

Abstract

To explore the application effects and regional adaptability of the integrated cold resistance, root promotion and nutrient regulation techniques in the cold and cool tobacco-growing areas of Longling County, the experiment was conducted using Yunyan 100 as the test material in the Longxin and Xiangda tobacco-growing areas. Seven single measure treatments and four typical integrated technology combinations were set up. The root-shoot development, agronomic traits and tobacco leaf yield and quality related indicators of the tobacco plants were measured and analyzed. The technical effects were comprehensively evaluated by the membership function method. The results showed that the application effects of the integrated techniques were significantly better than those of the single measures. They could achieve a balanced increase in the root-shoot biomass and root-shoot ratio of the tobacco plants, comprehensively optimize the agronomic traits such as plant height, stem girth and leaf area, and solve the problems of insufficient root development, excessive canopy growth or yield-quality contradiction caused by the single measures. They could also achieve a coordinated improvement in tobacco leaf yield and quality. Among them, potassium fulvate + low-temperature protectant and bio-organic fertilizer + amino acid root irrigation were the optimal integrated combinations for this area. After application in both areas, the per mu output value exceeded 4,500 yuan, an increase of more than 30% compared with the conventional method. The Longxin and Xiangda tobacco-growing areas showed differentiated technical adaptation patterns. The Xiangda tobacco-growing area had a sensitive response to soil fertility and a good growth foundation for tobacco plants, and was suitable for the high-intensity regulation combination of potassium fulvate + low-temperature protectant. The Longxin tobacco-growing area had a weak growth foundation for tobacco plants in the early stage and was more suitable for the mild and cost-effective combination of bio-organic fertilizer + amino acid root irrigation. The core of technical adaptation was the precise matching of the regulation intensity with the ecological carrying capacity and growth foundation of the tobacco-growing area. This study constructed a targeted integrated cold resistance, root promotion and nutrient regulation technology system for the cold and cool tobacco-growing areas of Longling County, providing technical support and practical reference for the high-quality and efficient cultivation of flue-cured tobacco in the western Yunnan and similar cold and cool tobacco-growing areas.

Keywords

Cold and Cool Tobacco-Growing Areas, Flue-Cured Tobacco, Cold Resistance and Root Promotion, Nutrient Regulation, Integrated Technology, Regional Adaptability, Root-Shoot Coordination

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

龙陵县是云南省典型冷凉烤烟种植区, 其烟叶因独特清香成为卷烟工业优质原料, 但中高海拔立地条件导致烟株前期受低温多雨胁迫, 根系发育不良、养分吸收效率低、根冠生长失衡等问题突出, 制约烟叶产质量提升[1]-[5]。已有研究证实, 单一营养调控或抗冷促根措施可缓解冷凉胁迫, 黄腐酸钾、生物有机肥等能改善土壤环境, 低温保护剂、氨基酸灌根等可增强烟株抗逆性[6]-[11], 但二者配套应用效应及与不同烟区生态的适配性研究尚未深入。基于此, 本研究以龙新、象达烟区为对象, 探究抗冷促根与营养调控不同配套模式的效应及区域适配规律, 旨在构建针对性配套技术体系, 为同类冷凉烟区烤烟生产提供参考。

2. 材料与方法

2.1. 供试材料

试验区域概况 试验于龙陵县龙新乡、象达乡开展, 两个烟区均为中高海拔冷凉烟区, 海拔 1600 m~1800 m, 烤烟种植前茬为玉米, 土壤类型为红壤。龙新烟区土壤基础有机质含量 49.09 g/kg, 水解性氮 171.51 mg/kg, 烟株前期生长基础较弱; 象达烟区土壤肥力对调控措施响应更敏感, 烟株团棵期农艺性状更优, 是龙陵县烟叶优质产区。

2.1. 供试材料

烤烟品种: 龙新乡、象达乡均选用云烟 100;

试验肥料与试剂: 生物有机肥、黄腐酸钾、有机-无机复混肥(10-12-19)、生根菌剂、 γ -氨基丁酸、聚谷氨酸、低温保护剂(市售专用型);

常规施肥材料: 捂熟农家肥、烟用复合肥、烟用追肥。

2.2. 试验设计

试验设置 7 个处理, 每个处理不少于 5 亩, 3 次重复, 随机区组排列, 各处理田间管理措施一致, 仅调控措施不同, 具体处理设置如下: T1(常规对照): 常规施肥(捂熟农家肥 + 烟用复合肥 + 烟用追肥), 无额外抗冷促根措施; T2(生物有机肥单施): 常规施肥基础上, 每亩增施生物有机肥 120 kg; T3(黄腐酸钾单施): 常规施肥基础上, 每亩增施黄腐酸钾 2 kg (移栽、移栽后 7 d~10 d 各灌根 1 kg); T4(有机无机复混肥单施): 每亩用 40 kg 有机-无机复混肥替代常规复合肥作基肥; T5(生根菌剂单施): 常规施肥基础上, 每亩增施生根菌剂 3 L (移栽灌根 2 L、移栽后 7 d~10 d 灌根 1L); T6(氨基酸灌根): 常规施肥基础上, 每亩增施 γ -氨基丁酸 + 聚谷氨酸各 200 g (移栽、移栽后 7 d~10d 各灌根 100 g); T7(低温保护剂喷施): 常规施肥基础上, 移栽时整株喷施低温保护剂, 根、叶片正反面均挂液。

基于单措施试验结果, 开展配套技术效应分析, 选取 4 种典型配套组合: ① T3+T7(黄腐酸钾 + 低温保护剂); ② T2+T6(生物有机肥 + 氨基酸灌根); ③ T3+T6(黄腐酸钾 + 氨基酸灌根); ④ T2+T7(生物有机肥 + 低温保护剂)。

2.3. 测定项目与方法

烟株根冠发育指标：在团棵期、旺长期、采烤期取样，测定烟株地下部(根系)鲜重、地上部(茎、叶)鲜重，计算根冠比，分析根冠协同生长特性；测定株高、茎围、单叶叶面积、叶面积系数等农艺性状。

烟叶产质量指标：适烤期按标准采烤分级，测算产量、产值、均价、上等烟比例；抽取 C3F 等级烟叶 1 kg，测定总糖、还原糖、总氮、总植物碱、氧化钾、氯含量，分析化学成分协调性。

数据统计：采用 Excel 2019 进行数据整理，SPSS 26.0 进行差异显著性分析，采用隶属函数法综合评价不同配套技术的应用效应。

3. 结果与分析

3.1. 不同配套技术对烟株根冠协同发育的影响

综合表 1 和表 2 可知，单一措施与配套技术均能提升烟株根冠生物量及根冠比，且配套技术提升效应显著优于单一措施，体现协同叠加优势。单一促根措施中，生根菌剂更适配龙新烟区旺长期根系发育需求，氨基酸灌根在象达烟区全生育期促根及根冠协调效果更佳；单一营养调控措施下，龙新烟区有机-无机复混肥短期营养供给效果突出，黄腐酸钾可长期提升根系发育质量，而象达烟区单一黄腐酸钾易导致冠层徒长、根冠失衡。

Table 1. Effects of different root-promoting measures on the growth of aboveground and underground parts of flue-cured tobacco plants (Unit: g)

表 1. 不同促根措施对地上地下的影响(单位 g)

各地各生育期	不同处理	地下部重	地上部重	整株重	根冠比
龙新(旺长期)	生根菌剂	131.7	513.3	645	0.257
	氨基酸灌根	105	453.3	558.3	0.232
	低温保护剂				
	常规	86.7	396.7	483.4	0.219
龙新(采烤期)	生根菌剂	408.3	1820	2228.3	0.224
	氨基酸灌根	466.7	1933.3	2400	0.241
	低温保护剂				
	常规	378.3	1741.7	2120	0.217
象达(团棵期)	生根菌剂	140	695	835	0.201
	氨基酸灌根	136.7	726.7	863.4	0.188
	低温保护剂				
	常规	108.3	566.7	675	0.191
象达(采烤期)	生根菌剂	533.3	1435.6	1968.9	0.372
	氨基酸灌根	701.7	1491.7	2193.4	0.470
	低温保护剂	/	/	/	/
	常规	471.7	1260	1731.7	0.374

从表 3 可知，配套技术实现了烟株根冠发育的均衡稳定提升，两区各生育期根冠指标均显著优于单一措施与常规处理，根冠比波动更小。龙新烟区采烤期黄腐酸钾 + 低温保护剂根冠协同性最优，生物有

机肥 + 氨基酸灌根指标略低但效果良好；象达烟区对配套技术响应更显著，黄腐酸钾 + 低温保护剂根冠协同效果最佳，而生物有机肥 + 低温保护剂出现轻微根冠失衡，调控强度搭配不合理。配套技术解决了单一措施根系发育不足或冠层徒长的问题，为烟叶产质量形成奠定形态基础。

Table 2. Effects of different nutrient regulation measures on the growth of aboveground and underground parts of flue-cured tobacco plants (Unit: g)

表 2. 不同营养调控措施对地上地下的影响(单位: g)

各地各生育期	不同处理	地下部重	地上部重	整株重	根冠比
龙新(旺长期)	(生物)有机肥	96.7	421.7	518.4	0.229
	黄腐酸钾	103.3	453.3	556.6	0.228
	有机无机复混肥	131.7	513.3	645	0.257
	常规	86.7	396.7	483.4	0.219
龙新(采烤期)	(生物)有机肥	365	1695.3	2060.3	0.215
	黄腐酸钾	470	1670	2140	0.281
	有机无机复混肥	415	2025.3	2440.3	0.205
	常规	378.3	1741.7	2120	0.217
象达(团棵期)	(生物)有机肥	103.3	620	723.3	0.167
	黄腐酸钾	96.7	683.3	780	0.142
	有机无机复混肥	123.3	638.3	761.6	0.193
	常规	108.3	566.7	575	0.191
象达(采烤期)	(生物)有机肥	538.3	1613.3	2151.6	0.334
	黄腐酸钾	315	1980	2295	0.159
	有机无机复混肥	550	1805.3	2355.3	0.305
	常规	471.7	1260	1731.7	0.374

Table 3. Effects of different integrated technologies on the growth of aboveground and underground parts of flue-cured tobacco plants (Unit: g)

表 3. 不同配套技术对地上地下的影响(单位: g)

各地各生育期	不同配套技术	地下部重	地上部重	整株重	根冠比
龙新(旺长期)	黄腐酸钾 + 低温保护剂	115.3	486.7	602.0	0.237
	生物有机肥 + 氨基酸灌根	108.5	462.4	570.9	0.235
	黄腐酸钾 + 氨基酸灌根	112.6	475.2	587.8	0.237
	生物有机肥 + 低温保护剂	105.8	458.3	564.1	0.231
龙新(采烤期)	黄腐酸钾 + 低温保护剂	512.5	2018.6	2531.1	0.254
	生物有机肥 + 氨基酸灌根	485.6	1986.7	2472.3	0.244
	黄腐酸钾 + 氨基酸灌根	498.3	1995.5	2493.8	0.250
	生物有机肥 + 低温保护剂	472.4	1953.2	2425.6	0.242
象达(团棵期)	黄腐酸钾 + 低温保护剂	152.6	785.3	937.9	0.194
	生物有机肥 + 氨基酸灌根	148.3	762.5	910.8	0.194

续表

象达(采烤期)	黄腐酸钾 + 氨基酸灌根	150.5	773.6	924.1	0.195
	生物有机肥 + 低温保护剂	145.2	758.8	904.0	0.191
	黄腐酸钾 + 低温保护剂	785.6	1625.8	2411.4	0.483
	生物有机肥 + 氨基酸灌根	752.3	1586.4	2338.7	0.474
	黄腐酸钾 + 氨基酸灌根	768.5	1605.2	2373.7	0.479
	生物有机肥 + 低温保护剂	735.8	1562.6	2298.4	0.71

3.2. 不同配套技术对烟株农艺性状的影响

烟株农艺性状是根冠发育的外在表现,单一措施可改善农艺性状但指标提升不均衡,配套技术实现了株高、茎围、叶面积等指标的全面优化,且黄腐酸钾 + 低温保护剂效果最优,生物有机肥 + 氨基酸灌根次之。

从表 4 可知,单一措施中,龙新烟区黄腐酸钾、象达烟区有机-无机复混肥的营养调控效果相对较好,抗冷促根措施中龙新烟区低温保护剂、象达烟区氨基酸灌根的农艺性状优化效果更优。由表 5 可知,配套技术的优化效应具有叠加性,指标提升更协调,且两区配套技术处理的有效叶片数稳定在 18.0~18.3 片,通过优化单叶形态、提升叶片质量提高光合效率,契合优质烤烟“少叶厚叶、提质增效”目标;同时烟株茎围显著增粗,茎秆韧性增强,有效防止后期倒伏,为烟叶成熟采烤提供株型保障。其中象达烟区因生态条件更优,对配套技术的响应幅度显著高于龙新烟区。

Table 4. Effects of different treatments on agronomic traits of flue-cured tobacco plants at different growth stages

表 4. 不同处理对烟株不同生育期农艺性状的影响

处理	地点	生育期	处理措施	株高 cm	茎围 cm	有效叶 片数(片)	平均单叶叶 面积(m ²)	平均单叶 叶面积系数
营养调控	龙新	旺长期	(生物)有机肥	49.9	7.3	9.3	0.082	0.763
			黄腐酸钾	49.53	7.6	9.7	0.085	0.825
			有机无机复混肥	54.5	8.2	10.3	0.091	0.937
		常规	45.9	6.7	10.7	0.076	0.813	
		采烤期	(生物)有机肥	101.2	10.5	17.7	0.125	2.213
			黄腐酸钾	106.0	11.5	17.7	0.132	2.336
	有机无机复混肥		106.6	11.5	18.0	0.135	2.430	
	常规	102.0	11.2	18.0	0.122	2.196		
	象达	团棵期	(生物)有机肥	77.3	8.3	11.7	0.105	1.229
			黄腐酸钾	72.3	7.8	13	0.112	1.456
			有机无机复混肥	81.8	8.3	11.7	0.118	1.381
		常规	75.3	8.5	11.3	0.098	1.107	
		采烤期	(生物)有机肥	112.7	12.5	18.0	0.142	2.556
			黄腐酸钾	116.0	11.8	16.0	0.148	2.368
有机无机复混肥			128.2	12.5	18.0	0.156	2.808	
常规		115.6	11.2	18.0	0.136	2.448		

续表

促根措施	龙新	旺长期	生根菌剂	49.1	8.3	10.3	0.088	0.906
			氨基酸灌根	51.5	7.1	10.3	0.090	0.927
		采烤期	低温保护剂				0.085	0.876
			常规	45.9	6.7	10.7	0.076	0.183
			生根菌剂	108.3	11.2	18.0	0.138	2.484
			氨基酸灌根	105.5	11.5	18.0	0.136	2.448
	象达	团棵期	低温保护剂				0.140	2.520
			常规	102.0	11.2	18.0	0.122	2.196
		采烤期	生根菌剂	78.5	8.1	12.7	0.115	1.461
			氨基酸灌根	84.0	8.6	13.3	0.121	1.609
			常规	75.3	8.5	11.3	0.098	1.107
			生根菌剂	121.3	11.5	18.0	0.145	2.610
采烤期	氨基酸灌根	116.6	12.5	18.0	0.150	2.700		
	常规	115.6	11.2	18.0	0.136	2.448		

Table 5. Effects of different integrated technologies on agronomic traits of flue-cured tobacco plants at different growth stages
表 5. 不同配套技术对烟株不同生育期农艺性状的影响

地点	生育期	处理措施	株高 cm	茎围 cm	有效叶 片数(片)	平均单叶 叶面积(m ²)	平均单叶 叶面积系数	
龙新	旺长期	黄腐酸钾 + 低温保护剂	56.2	8.5	10.8	0.095	0.996	
		生物有机肥 + 氨基酸灌根	54.8	8.3	10.6	0.093	0.975	
		黄腐酸钾 + 氨基酸灌根	55.5	8.4	10.7	0.094	0.985	
	采烤期	生物有机肥 + 低温保护剂	53.6	8.2	10.5	0.092	0.963	
		黄腐酸钾 + 低温保护剂	110.5	11.8	18.2	0.142	2.584	
		生物有机肥 + 氨基酸灌根	108.8	11.7	18.1	0.139	2.516	
		黄腐酸钾 + 氨基酸灌根	109.6	11.8	18.2	0.140	2.556	
	象达	团棵期	生物有机肥 + 低温保护剂	107.5	11.6	18.0	0.138	2.484
			黄腐酸钾 + 低温保护剂	86.5	8.8	13.8	0.128	1.766
			生物有机肥 + 氨基酸灌根	84.2	8.7	13.6	0.125	1.700
采烤期		黄腐酸钾 + 氨基酸灌根	85.3	8.8	13.7	0.126	1.732	
		生物有机肥 + 低温保护剂	82.8	8.6	13.5	0.123	1.660	
		黄腐酸钾 + 低温保护剂	140.2	14.0	18.3	0.162	2.965	
		生物有机肥 + 氨基酸灌根	136.5	13.8	18.2	0.158	2.876	
采烤期	黄腐酸钾 + 氨基酸灌根	138.3	13.9	18.3	0.160	2.928		
	生物有机肥 + 低温保护剂	134.8	13.7	18.1	0.156	2.846		

3.3. 不同配套技术对烟叶产质量的提升效应

从表 6 可知, 单一措施均能提升烟叶产质量, 但提升幅度有限且存在产质矛盾, 配套技术实现了产量与品质的协同提升, 均价与上等烟比例随产量同步提高。单一措施中, 抗冷促根措施的产质量提升效应整体优于营养调控措施, 说明冷凉烟区缓解低温胁迫、促进根系发育是提升产质量的首要因素。

从表 7 可知, 配套技术下两区烟叶亩产值均突破 4500 元, 较常规提升超 30%。龙新烟区黄腐酸钾 + 低温保护剂产质量协同提升效果最优, 生物有机肥 + 氨基酸灌根虽产值略低, 但均价更高、性价比突出; 象达烟区对配套技术的响应幅度更高, 黄腐酸钾 + 低温保护剂实现了产量、品质、产值的三重突破, 生物有机肥 + 氨基酸灌根表现优异但与前者差距大于龙新烟区。两个核心配套组合均实现产值大幅提升, 且象达烟区的提升幅度显著高于龙新烟区, 与该区土壤肥力对调控措施更敏感的生态特征相契合。

Table 6. Effects of different treatments on yield and quality of flue-cured tobacco

表 6. 不同处理对烤烟产质量的影响

处理	地点	处理措施	产量	产值	均价	上等烟比例		
			(kg/亩)	(元/亩)	(元/kg)			
营养调控	龙新	(生物)有机肥	178.2	3856.5	21.64	68.3		
		黄腐酸钾	182.5	4012.3	22.00	70.5		
		有机无机复混肥	172.6	3625.8	20.99	65.1		
		常规	165.3	3389.6	20.50	60.2		
		(生物)有机肥	180.5	3926.8	21.76	69.2		
	象达	黄腐酸钾	185.3	4108.5	22.17	71.8		
		有机无机复混肥	175.8	3712.6	21.12	66.5		
		常规	168.2	3452.4	20.53	61.5		
		促根措施	龙新	生根菌剂	176.8	3785.2	21.41	67.5
				氨基酸灌根	181.2	3956.4	21.83	69.8
低温保护剂	183.6			4058.7	22.11	71.2		
常规	165.3			3389.6	20.50	60.2		
象达	生根菌剂		179.1	3886.3	21.7	68.8		
	氨基酸灌根		182.8	3989.5	21.82	70.3		
	低温保护剂		186.5	4156.2	22.28	72.5		
	常规		168.2	3452.4	20.53	61.5		

Table 7. Effects of different integrated technologies on yield and quality of flue-cured tobacco

表 7. 不同配套技术对烤烟产质量的影响

地点	处理措施	产量	产值	均价	上等烟比例
		(kg/亩)	(元/亩)	(元/kg)	
龙新	黄腐酸钾 + 低温保护剂	139.29	4620.0	33.17	73.5
	生物有机肥 + 氨基酸灌根	138.31	4600.0	33.26	73.2
	黄腐酸钾 + 氨基酸灌根	137.56	4568.0	33.21	72.8
	生物有机肥 + 低温保护剂	136.82	4535.0	33.14	72.5

续表

象达	黄腐酸钾 + 低温保护剂	150.10	4789.0	31.91	75.25
	生物有机肥 + 氨基酸灌根	148.65	4725.0	31.79	74.8
	黄腐酸钾 + 氨基酸灌根	149.28	4756.0	31.86	75.00
	生物有机肥 + 低温保护剂	147.83	4698.0	31.78	74.50

3.4. 抗冷促根与营养调控技术的区域适配性

技术应用效应受烟区生态条件显著影响, 龙新、象达烟区形成差异化适配规律: 象达烟区土壤肥力对调控措施响应敏感、烟株生长基础好, 具备承接高强度调控的基础, 对黄腐酸钾 + 低温保护剂的响应极其显著, 能充分发挥生态优势实现产质量最大化提升, 生物有机肥 + 氨基酸灌根无法充分挖掘其生态潜力, 并非最优选择; 龙新烟区烟株前期生长基础较弱, 对高强度调控的承接能力有限, 黄腐酸钾 + 低温保护剂的投入产出比相对较低, 而生物有机肥 + 氨基酸灌根兼具品质优、成本低、效果稳的优势, 调控更温和, 适配烟株生长特征, 投入产出比更高, 是该区的高性价比最优选择。

技术适配的核心逻辑为调控强度与烟区生态承载力、烟株生长基础相匹配, 且抗冷促根与营养调控的协同作用是技术适配的核心前提; 同时土壤与烟株的协同适配也影响技术效应, 象达烟区土壤养分吸收转化效率高, 适配黄腐酸钾的高效营养供给与低温保护剂的强抗冷促根作用, 龙新烟区土壤基础肥力较高, 更适配生物有机肥的缓效营养供给与氨基酸的温和促根作用。

4. 讨论

抗冷促根与营养调控配套技术能有效解决龙陵县冷凉烟区烟株生长的核心问题, 其优于单一措施的关键在于通过抗冷促根奠定根系发育基础、营养调控提供养分支撑, 实现技术效应叠加, 这与“抗逆与营养协同是冷凉作物栽培核心技术路径”的结论一致。黄腐酸钾 + 低温保护剂、生物有机肥 + 氨基酸灌根成为最优组合的核心原因, 是实现了抗冷促根强度与营养供给效率的精准匹配。

区域适配性的差异本质是烟区生态因子与技术措施的耦合效应差异, 提示冷凉烟区烤烟栽培技术体系构建需坚持“生态分区、精准施策”原则, 避免技术同质化应用。本研究发现的“调控强度与生态承载力匹配”规律, 可为同类冷凉烟区技术分区提供参考: 生长基础好的冷凉烟区可采用高强度抗冷促根 + 高效营养调控组合, 生长基础较弱的冷凉烟区宜采用温和抗冷促根 + 缓效营养调控的高性价比组合。

本研究中龙新烟区有机-无机复混肥单施农艺性状优但产质量提升效果差, 提示冷凉烟区营养调控需充分考虑土壤基础理化性质; 象达烟区生物有机肥 + 低温保护剂出现根冠失衡, 说明技术组合的调控强度搭配需结合烟区特征。本研究仍存在局限性, 仅探究 4 种配套组合且试验区域限于龙陵县, 后续可开展多梯度调控强度研究、跨区域多点试验, 并结合土壤微生物、烟株生理代谢指标探究分子机制, 完善配套技术体系并提升其普适性。

5. 结论

抗冷促根与营养调控配套技术能显著提升龙陵县冷凉烟区烟株根冠协同发育水平, 均衡提升各生育期根冠生物量、优化根冠比, 全面协调提升农艺性状, 为烟叶产质量形成奠定良好形态基础, 技术效应显著优于单一措施, 体现协同叠加优势。

黄腐酸钾 + 低温保护剂、生物有机肥 + 氨基酸灌根是龙陵县冷凉烟区的最优配套组合, 均能实现烟叶产质量协同提升; 其中黄腐酸钾 + 低温保护剂提升效果最显著, 龙新、象达烟区亩产值分别达 4620.0 元、4789.0 元, 较常规分别提升 36.3%、38.7%; 生物有机肥 + 氨基酸灌根提升效果次之, 与高强度组

合产值差距小,且兼具高性价比、高品质优势。

龙陵县不同冷凉烟区存在显著技术适配差异:象达烟区适配黄腐酸钾+低温保护剂的高强度调控组合,龙新烟区更适配生物有机肥+氨基酸灌根的高性价比组合。

冷凉烟区抗冷促根与营养调控技术的适配核心是调控强度与烟区生态承载力、烟株生长基础的精准匹配,且抗冷促根与营养调控的协同作用是技术适配的前提。本研究明确的最优配套组合及区域适配规律,构建了龙陵县冷凉烟区针对性配套技术方案,可为滇西及同类冷凉烟区烤烟优质高效栽培提供技术支撑与实践参考。

基金项目

云南省烟草公司保山市公司项目“营养调控和抗冷促根措施对龙陵县冷凉烟区烟株生长发育的影响”(2023530000242002)。

参考文献

- [1] 黎妍妍,许自成,肖汉乾,等.湖南省主要植烟区土壤肥力状况综合评价[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2006,34(11):179-183.
- [2] 委亚庆.营养调控和增温促根措施对重庆高海拔烤烟产量和质量的影响[D]:[硕士学位论文].重庆:西南大学,2021.
- [3] 华仲臣,李学芹,张振.促根剂对重庆烤烟根系发育和上部叶产量及质量的影响[J].烟草科技,2024,57(4):61-67.
- [4] 赵密粉.营养土与促根营养液配施对初烤烟产质量的影响[J].天津农业科学,2021,27(8):21-24.
- [5] 李琦瑶.低温调控烤烟幼苗叶片生长发育的生理机制研究[D]:[硕士学位论文].北京:中国农业科学院,2024.
- [6] 李君可.预喷施外源化学物质对低温胁迫下烤烟幼苗生理生态的影响[D]:[硕士学位论文].重庆:西南大学,2013.
- [7] 谢小玉,侯爽,郭金格,等.烤烟伸根期对低温胁迫的生理响应[J].中国烟草学报,2022,28(5):47-55.
- [8] 李冰,龚文秀,李清,等.植物根际促生菌株对小麦根系发育的影响[J].安徽农业大学学报,2015,42(2):276-282.
- [9] 彭仁,张俊文,丁灿.不同调控措施和施肥方法对烤烟产质量的影响[J].中国农学通报,2014,30(7):174-178.
- [10] 方基建,裴孝伯.不同浓度的钾处理对丝瓜幼苗抗寒性的影响[J].热带作物学报,2010,31(4):561-566.
- [11] 胡海军.玉米抗冷处理剂的配制及其效果研究[D]:[硕士学位论文].沈阳:沈阳农业大学,2009.