

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

刘燕*, 杨朝伟, 王潞, 王健宇, 杨茂凡, 谢幸生, 段绍虎, 柏玉勇, 何朝凤, 陈勇能

保山市烟草公司龙陵分公司, 云南 保山

收稿日期: 2026年2月12日; 录用日期: 2026年3月11日; 发布日期: 2026年3月20日

摘要

目的: 为了解决龙陵烟区烟株前期生长环境低温多雨导致的根系发育不良、养分吸收利用率低、烟株生长发育迟缓的问题。方法: 采用大田试验方法, 研究营养调控结合抗冷促根对烟株早生快发和烤后烟叶产质量的影响。结果: 就地下地上部分生物量而言, 营养调控处理后, 龙新烟区以生物有机肥处理相对最高, 象达烟区以黄腐酸钾处理相对最高; 促根处理后, 龙新烟区以生根菌剂处理相对最高, 象达烟区以氨基酸处理效果最佳。就产值量而言, 营养调控处理后, 龙新和象达两个烟区均表现为黄腐酸钾和生物有机肥优于有机无机复混肥; 促根处理后, 龙新和象达烟区产量均表现为黄腐酸钾 > 有机无机复混肥 > 生物有机肥, 产值均表现为低温保护剂 > 氨基酸灌根 > 生根菌剂 > 常规处理。结论: 营养调控结合促根对烟株早生快发效果较为明显, 总体以生物有机肥处理和黄腐酸钾处理的经济效果较好, 低温保护剂处理促根效果较好。烤后烟叶化学成分协调性以黄腐酸钾处理和氨基酸处理最优, 其次是生物有机肥处理。营养调控和促根措施能有效提高土壤肥力, 改善土壤结构。

关键词

烤烟, 营养调控, 冷凉烟区, 品质

Influence of Nutritional Regulation and Cold-Resistant Root-Promotion Measures on the Growth and Development of Tobacco Plants in Longling's Cold Tobacco Area

Yan Liu*, Chaowei Yang, Lu Wang, Jianyu Wang, Maofan Yang, Xingsheng Xie, Shaohu Duan, Yuyong Bai, Chaofeng He, Yongneng Chen

*第一作者。

文章引用: 刘燕, 杨朝伟, 王潞, 王健宇, 杨茂凡, 谢幸生, 段绍虎, 柏玉勇, 何朝凤, 陈勇能. 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[J]. 农业科学, 2026, 16(3): 435-445. DOI: 10.12677/hjas.2026.163057

Abstract

Purpose: To address poor root development, low nutrient absorption, and slow early growth of tobacco plants caused by low temperatures and excessive rainfall during the early growth stage in Longling tobacco areas. **Method:** Field experiments explored how nutritional regulation combined with cold resistance and root promotion affects early growth and the yield and quality of flue-cured tobacco leaves. **Results:** Regarding above-ground and below-ground biomass, after nutritional regulation treatment, organic fertilizer yielded the highest relative increase in Longxin, while potassium humate was most effective in Xiangda. After root-promoting treatment, the root-stimulating bacteria treatment led to the highest relative increase in Longxin, while the amino acid treatment performed best in Xiangda. In terms of output value, after nutritional regulation treatment, potassium humate and organic fertilizer outperformed organic-inorganic compound fertilizer in both Longxin and Xiangda. After root promotion treatment, outputs in both areas ranked: potassium humate > organic-inorganic fertilizer > organic fertilizer; output values followed: low-temperature protectant > amino acid drip > root-stimulating bacteria > conventional treatment. **Conclusion:** Nutritional regulation combined with root promotion significantly improves early growth and rapid development of tobacco plants. Overall, organic fertilizer and potassium humate treatments provide better economic effects, while low-temperature protectants excel in root promotion. The chemical component coordination of flue-cured tobacco leaves was optimal with potassium fulvate treatment and amino acid treatment, followed by biological organic fertilizer treatment. Nutritional regulation and root promotion effectively improve soil fertility and structure.

Keywords

Flue-Cured Tobacco, Nutritional Regulation, Cold Tobacco Area, Quality

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

龙陵县共有 9 个种烟乡镇，各区域内因独特的自然气候条件，所产烟叶具有清香的吃味，深受卷烟企业青睐。近年来，由于生产管理水平和生产技术的提高，龙陵烟叶质量有了显著改善。但是，龙陵属于山区县城，耕地面积积极其有限，烤烟主要种植在中高海拔地区，烟株前期生长阶段常遭遇低温多雨天气，导致根系发育不良、养分吸收利用率低、烟株生长发育迟缓，在一定程度上限制了烟叶产量和品质的进一步提升。有效解决这一问题，将为龙陵烤烟产业高质量发展做出巨大贡献。

提高烟叶总体质量是一项复杂的系统工程。烟叶从育苗移栽、科学施肥、适度密植，到适期打顶、合理留叶等每个环节都需要严格把控，还要贯彻一定的采收原则。烤烟前期生长缓慢存在多方面的原因，如环境因子、移栽方式和施肥措施等[1]-[5]。研究表明，喷施外源化学物质、生根粉或改善肥料用量对烤烟的生长发育和产质量有不同程度的促进作用[6]-[8]。烟草生产对环境因子具有特定的选择性，生长条件恶化时，不利于烟草的正常生长发育，但通过有效的调控措施可加以改善[9]-[11]。例如，干旱胁迫可通过种子处理添加外源激素等措施进行调控。本文拟通过调查龙陵烤烟产质量的制约因素，结合合理的营

养调控和抗冷促根措施，为提升龙陵烟叶品质提供技术支撑。

2. 试验设计

2.1. 供试材料

烤烟品种：象达乡云烟 100、龙新乡云烟 100、平达乡云烟 116。

2.2. 试验设计

试验设置 7 个处理，每个处理不少于 5 亩，进行大田对比试验，具体设置如下：

处理 1：常规施肥措施(即：腐熟农家肥 + 烟用复合肥 + 烟用追肥)。

处理 2：每亩增施(生物)有机肥 120 kg (即：生物有机肥 + 烟用复合肥 + 烟用追肥)。

处理 3：每亩增施 2 kg 黄腐酸钾(即：黄腐酸钾 + 烟用复合肥 + 烟用追肥)，在移栽时用 1 kg 黄腐酸钾灌根，移栽后 7~10 天用 1 kg 黄腐酸钾灌根。

处理 4：每亩用 40 kg 有机 - 无机复混肥料(10-12-19)替代常规复合肥，作基肥施用。

处理 5：每亩增施生根菌剂 3 L (即：生根菌剂灌根 + 烟用复合肥 + 烟用追肥)，移栽时用 2 L 生根菌剂灌根，移栽后 7~10 天用 1 L 生根菌剂灌根。

处理 6：每亩增施 γ 氨基丁酸 + 聚谷氨酸各 200 g (即： γ 氨基丁酸 + 聚谷氨酸灌根 + 烟用复合肥 + 烟用追肥)，移栽时用 γ 氨基丁酸 + 聚谷氨酸各 100 g 灌根，移栽后 7~10 天用 γ 氨基丁酸 + 聚谷氨酸各 100 g 灌根。

处理 7：喷施低温保护剂：移栽时整株喷施低温保护剂，喷施后争取根、叶片正反面均挂液。

2.3. 样品采集

1) 土壤样品采集

项目实施中，每年烤烟种植之前，采集前作土样，并于采烤结束后采集烤烟根区土壤，多点取样法采取混合样，除去肉眼可见的石子、动植物残体，混匀后，避免外力作用破坏土壤原始结构，风干后测定团聚体和土壤养分性状，土样重量大于 500 g 用于土壤养分测定。

2) 在烤烟生长过程中，每个处理选择最具有代表性的 3 株烤烟挂牌，进行农艺性状测量，测定株高、茎围、最大叶长、最大叶宽。

3) 在烟株各生育时期(团棵期、旺长期、下部叶成熟采烤)取样，测定地上和地下部分重量和比例。

4) 于适烤期将各处理烟叶挂牌采烤，测算各小区的经济性状。依据国家烟叶分级标准(GB 2635-1992)分级后，参照试验小区计算产量、上等烟比例和中上等烟比例，并按照当年国家烟叶收购价格计算产值。用产量可持续性指数 SYI (Sustainable Yield Index) 来表征各处理的生产可持续性，SYI 范围在 0~1 之间，数值越大产量越稳定。其计算公式为：

$$SYI = (Y - SD)/Y_{\max}$$

式中：Y 表示每个处理的平均产量；SD 表示每个处理产量的标准差； Y_{\max} 表示产量的最大值。

5) 烤后烟叶按 GB 2635-92 进行分级，各处理抽取 C3F 各 1 kg，用于化学成分分析。具体的技术路线图如图 1 所示。

3. 结果与分析

3.1. 不同处理方式对烤烟生育期的影响

从表 1 可知，黄腐酸钾对烟株生育进程的调控效果优于有机无机复混肥和生物有机肥，较常规处理

提前 1~2 天进入成熟采烤期。总体而言，各处理方式大田生育期没有明显差距，差异不明显。

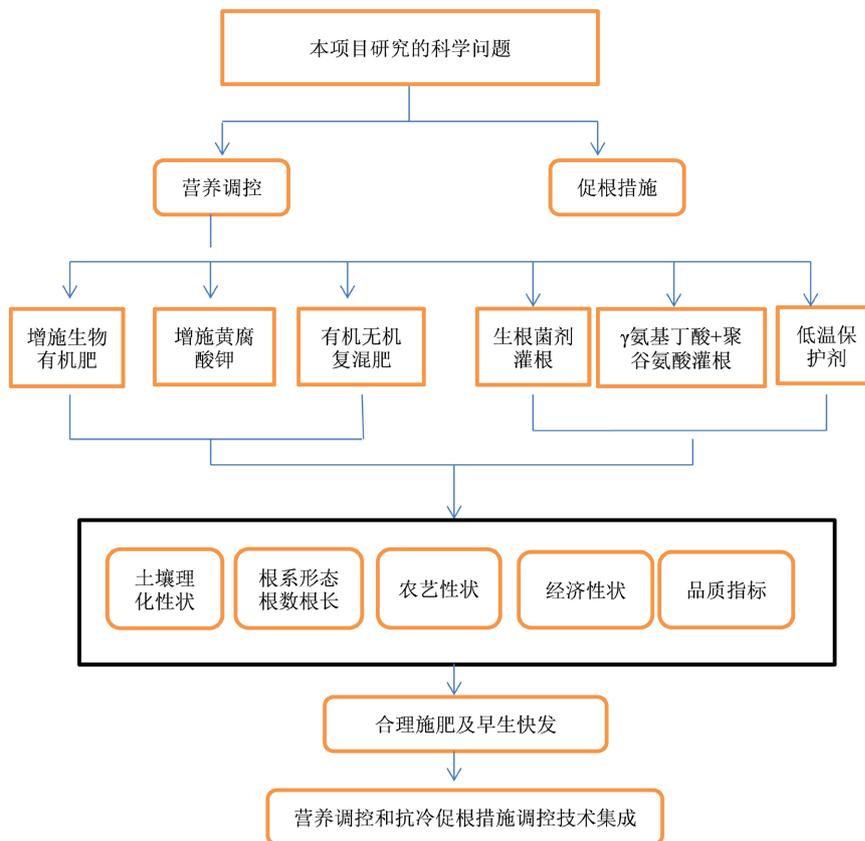


Figure 1. Technical route
图 1. 技术路线图

Table 1. Effects of different treatments on the growth process of tobacco plants
表 1. 不同处理方式对烟株生育进程的影响

处理	移栽	团棵	旺长	现蕾	打顶	脚叶成熟	顶叶成熟	大田生育期
T1	3月9日	移栽后 30 d	移栽后 60 d	移栽后 68 d	移栽后 78 d	移栽后 88 d	移栽后 137 d	137 d
T2	3月9日	移栽后 31 d	移栽后 61 d	移栽后 69 d	移栽后 78 d	移栽后 88 d	移栽后 137 d	137 d
T3	3月9日	移栽后 30 d	移栽后 60 d	移栽后 68 d	移栽后 78 d	移栽后 89 d	移栽后 137 d	137 d
T4	3月9日	移栽后 31 d	移栽后 61 d	移栽后 68 d	移栽后 79 d	移栽后 88 d	移栽后 136 d	136 d
T4	3月9日	移栽后 31 d	移栽后 61 d	移栽后 68 d	移栽后 79 d	移栽后 88 d	移栽后 136 d	136 d
T4	3月9日	移栽后 31 d	移栽后 61 d	移栽后 68 d	移栽后 79 d	移栽后 88 d	移栽后 136 d	136 d
T7	3月9日	移栽后 30 d	移栽后 60 d	移栽后 68 d	移栽后 78 d	移栽后 88 d	移栽后 136 d	136 d

3.2. 不同处理对烟株农艺性状的影响

对于营养调控来说，从表 2 可以看出，在龙新烟区，旺长期以(生物)有机肥 > 有机无机复混肥 > 黄腐酸钾，采烤期不同营养调控处理的单叶叶面积较常规处理提高了 0.02~0.03，叶面积系数提高了 0.04~0.3，具体表现为有机无机复混肥 > 黄腐酸钾 > (生物)有机肥 > 常规处理。在象达烟区，团棵期和旺长期 2

个时期烟株的单叶叶面积和叶面积系数均以黄腐酸钾相对最高，团棵期和旺长期叶面积系数较常规分别提高了 0.61 和 0.97，生物有机肥和有机无机复混肥 2 个处理次之，常规相对较低。

就促根措施而言，由表 2 可知，在龙新烟区，旺长期烟株单叶叶面积和叶面积系数以生根菌剂 > 低温保护剂 > 氨基酸灌根和常规，采烤期烟株单叶叶面积和叶面积系数以氨基酸灌根相对最高，与生根菌剂处理差异不明显，较常规分别提高了 0.06 和 0.79。在象达烟区，团棵期烟株单叶叶面积和叶面积系数均以氨基酸灌根处理相对最高，采烤期单叶叶面积和叶面积系数以氨基酸和生根菌剂相对略高于常规。

Table 2. Effects of different treatments on agronomic traits of tobacco plants at different growth stages

表 2. 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	87	9.5	16	0.096	2.31
			黄腐酸钾	66	7.7	14	0.064	1.37
			有机无机复混肥	79	8.9	16	0.067	1.63
			常规	77	8.4	18	0.07	1.92
		采烤期	(生物)有机肥	127.3	11	15	0.135	3.06
			黄腐酸钾	115.5	10	19	0.115	3.32
			有机无机复混肥	131.5	10.5	19	0.129	3.7
			常规	115.8	10.2	19	0.105	3.02
	象达	团棵期	(生物)有机肥	35	/	8	0.053	0.64
			黄腐酸钾	45	/	10	0.082	1.24
			有机无机复混肥	34	/	8	0.057	0.7
			常规	30	/	8	0.046	0.63
		采烤期	(生物)有机肥	135	13	15	0.129	2.94
			黄腐酸钾	140	14	14	0.144	3.07
			有机无机复混肥	128	11	14	0.106	2.26
			常规	120	10	14	0.099	2.1
促根措施	龙新	旺长期	生根菌剂	63	8.3	14	0.11	2.27
			氨基酸灌根	102	8.6	18	0.071	2.02
			低温保护剂	67	8.2	16	0.08	1.86
			常规	77	8.4	18	0.078	1.92
		采烤期	生根菌剂	123.4	10.7	19	0.13	3.66
			氨基酸灌根	119	12	16	0.16	3.81
			低温保护剂	120	10	20	0.1	2.99
			常规	115.8	10.2	19	0.1	3.02
	象达	团棵期	生根菌剂	30	/	9	0.047	0.64
			氨基酸灌根	42	/	10	0.051	0.77
		采烤期	常规	30	/	8	0.047	0.63
			生根菌剂	120	8.8	17	0.111	2.87
	常规	氨基酸灌根	130	10	16	0.116	2.8	
		常规	120	10	14	0.099	2.1	

3.3. 不同营养调控措施对地上地下的影响

表 3 显示, 在龙新烟区, 旺长期和采烤期烟株地下、地上部分均为生物有机肥处理相对最高, 旺长期地下、地上部较常规分别提高了 70 g、420 g, 采烤期地下、地上部较常规提高了 150 g、300 g。在象达烟区, 团棵期和采烤期烟株地下和地上部分以黄腐酸钾处理相对最高, 团棵期地下、地上部分较常规分别提高了 45 g、316 g, 采烤期地下、地上部分较常规提高了 455 g、315 g。生物有机肥和有机无机肥处理略低于常规处理, 可能是由于今年象达移栽后持续干旱, 生物有机肥和有机无机复混肥肥效释放较常规化学肥缓慢、不充分导致。

Table 3. Effects of different nutrient regulation measures on aboveground and belowground parts (unit: g)

表 3. 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	地下部分	地上部分	整株重	根冠比
龙新(旺长期)	(生物)有机肥	280	1480	1760	0.189
	黄腐酸钾	210	1080	1290	0.194
	有机无机复混肥	230	1010	1240	0.228
	常规	210	1060	1270	0.198
龙新(采烤期)	(生物)有机肥	650	2100	2750	0.310
	黄腐酸钾	500	2000	2500	0.250
	有机无机复混肥	550	2050	2600	0.268
	常规	500	1800	2300	0.278
象达(团棵期)	(生物)有机肥	45	325	370	0.138
	黄腐酸钾	90	625	715	0.144
	有机无机复混肥	65	370	435	0.176
	常规	45	309	354	0.146
象达(采烤期)	(生物)有机肥	705	1833	2538	0.385
	黄腐酸钾	1205	3053	4258	0.440
	有机无机复混肥	675	2448	3123	0.276
	常规	750	2738	3488	0.246

3.4. 不同促根措施对地上地下的影响

由表 4 可知, 在龙新烟区, 总体而言, 旺长期和采烤期烟株地下、地上部分均以生根菌剂处理相对最高, 旺长期地下、地上部分较常规分别提高了 30 g、260 g, 采烤期地下、地上部分较常规提高了 5 g、500 g。在象达烟区, 团棵期和采烤期烟株地下和地上部分以氨基酸灌根处理相对最高, 团棵期地下、地上部分较常规分别提高了 25 g、86 g, 采烤期地下、地上部分较常规提高了 15 g、294 g。

3.5. 不同处理对烤烟产质量的影响

从表 5 可以看出, 营养调控处理后, 就产量而言, 龙新和象达两个烟区的烟株产量以黄腐酸钾 > 有机无机复混肥 > 生物有机肥, 不同营养调控处理产量较常规相比提高了 3.49 kg/亩~6.4 kg/亩; 就产值而言, 龙新和象达两个烟区均表现为黄腐酸钾和生物有机肥优于有机无机复混肥, 不同营养调控处理产值较常规处理提高了 50 元/亩~206 元/亩。

Table 4. Effects of different root-promoting measures on aboveground and belowground parts (unit: g)
表 4. 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	地下部分	地上部分	整株重	根冠比
龙新(旺长期)	生根菌剂	240	1320	1560	0.182
	氨基酸灌根	270	1230	1500	0.220
	低温保护剂	230	1380	1610	0.167
	常规	210	1060	1270	0.198
龙新(采烤期)	生根菌剂	550	2300	2850	0.239
	氨基酸灌根	500	2400	2900	0.208
	低温保护剂	450	1700	2150	0.265
	常规	500	1800	2300	0.278
象达(团棵期)	生根菌剂	65	300	365	0.217
	氨基酸灌根	70	395	465	0.177
	低温保护剂	54	322	376	0.168
	常规	45	309	354	0.146
象达(采烤期)	生根菌剂	665	2493	3158	0.267
	氨基酸灌根	765	3053	3818	0.251
	低温保护剂	/	/	/	/
	常规	750	2759	3509	0.272

促根处理后,就产量而言,龙新烟区的烟株产量以低温保护剂 > 生根菌剂 > 氨基酸灌根 > 常规处理,不同抗冷促根处理产量较常规相比提高了 5.87 kg/亩~6.85 kg/亩,产值以低温保护剂 > 氨基酸灌根 > 生根菌剂 > 常规处理,不同抗冷促根处理产值较常规相比提高了 200 元/亩~320 元/亩;象达烟区烟株产量以低温保护剂 > 生根菌剂和氨基酸灌根 > 常规处理,不同处理产量较常规处理提高了 4.53 Kg/亩~4.77 kg/亩,产值以低温保护剂 > 氨基酸灌根 > 生根菌剂 > 常规处理,不同抗冷促根处理产值较常规相比提高了 189 元/亩~290 元/亩。

Table 5. Effects of different treatments on yield and quality of flue-cured tobacco
表 5. 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	135.93	4406	32.41	71.20
		黄腐酸钾	138.84	4490	32.34	72.05
		有机无机复混肥	138.26	4350	31.46	71.80
		常规	132.44	4300	32.47	69.23
	象达	(生物)有机肥	145.68	4806	32.99	70.10
		黄腐酸钾	150.91	4786	31.71	70.80
		有机无机复混肥	148.63	4650	31.28	68.09
		常规	145.33	4600	31.65	67.15

续表

促根措施	龙新	生根菌剂	139.00	4500	32.37	71.11
		氨基酸灌根	138.31	4600	33.26	71.68
		低温保护剂	139.29	4620	33.17	72.10
		常规	132.44	4300	32.47	69.23
		生根菌剂	150.00	4800	32.00	68.00
	象达	氨基酸灌根	149.86	4890	32.63	69.10
		低温保护剂	150.10	4789	31.90	68.90
		常规	145.33	4600	31.65	67.15

3.6. 不同处理烤后烟叶化学成分分析

如表 6 所示, 进行营养调控处理后, 龙新烟区和象达烟区均表现出有机无机复合肥处理烟叶糖含量相对较高, 各处理的总氮含量差异不大, 总植物碱含量均以生物有机肥处理相对较高。就烟叶钾含量而言, 龙新烟区则以生物有机肥处理最高, 其次是黄腐酸钾; 象达烟区表现为黄腐酸钾处理高于其他处理。总体而言, 以黄腐酸钾处理烤后烟叶化学成分协调性最优, 其次是生物有机肥处理。

采取促根措施后, 龙新烟区的生根菌剂处理烟叶含糖量略高于其他处理, 象达烟区则以氨基酸处理相对较高, 两个烟区生根菌剂处理的总氮含量和总植物碱含量略高于其他处理, 烤后烟叶钾含量在龙新烟区表现为氨基酸处理最高, 其次是低温保护剂处理, 象达烟区各处理间差异不大, 不同处理间烤后烟叶氯含量差异不大。总体而言, 以氨基酸处理烤后烟叶化学成分协调性较好。

Table 6. Effects of different treatments on chemical components of cured tobacco leaves

表 6. 不同处理对烤后烟叶化学成分的影响

处理	地点	处理	总糖(%)	还原糖(%)	总氮(N, %)	总植物碱(%)	氧化(K ₂ O, %)	氯(Cl, %)
营养调控	龙新	黄腐酸钾	29.82	25.03	1.66	1.58	3.91	0.06
		生物有机肥	27.52	23.15	1.7	2.44	4.31	0.06
		有机无机复合肥	33.04	29.64	1.59	1.69	3.5	0.06
	象达	黄腐酸钾	25.97	18.34	1.7	1.73	3.24	0.05
		生物有机肥	27.63	21.87	1.1	1.94	2.62	0.04
		有机无机复合肥	28.09	19.88	1.61	1.85	2.79	0.03
促根措施	龙新	生根菌剂	31.71	28.88	1.9	2.14	2.99	0.05
		低温保护剂	29.26	25.63	1.91	1.63	3.44	0.05
		氨基酸	25.46	22.2	1.77	1.96	4.19	0.05
	象达	生根菌剂	28.82	19.75	1.92	2.51	3	0.23
		氨基酸	32.44	22.45	1.63	1.84	3	0.05

3.7. 龙新烟区不同处理烟叶采烤结束后土壤基本肥力分析

由表 7 可知, 烟叶采烤结束后, 各处理土壤有机质含量均明显高于常规处理, 黄腐酸钾处理 > 生物有机肥处理 > 有机无机复合肥处理 > 常规处理; 土壤全氮含量、全磷含量、全钾含量差异不大, 施用生物有机肥处理相对略高于其他处理; 水溶性氮含量则为有机无机复合肥处理 > 生物有机肥处理 > 黄

腐酸钾处理 > 常规处理；有效磷含量表现为生物有机肥处理 > 有机无机复合肥处理 > 常规处理 > 黄腐酸钾处理；速效钾含量表现为常规处理 > 生物有机肥处理 > 有机无机复合肥处理 > 黄腐酸钾处理。总体而言，各营养调控处理有利于土壤肥力提高，促进土壤养分释放和烟株对养分的吸收利用。

采取促根措施，烤后土壤有机质和水解性氮含量明显高于常规处理，均以低温保护剂处理相对较高。土壤全氮含量、全磷含量、全钾含量差异不大，有效磷含量表现为氨基酸处理 > 生根菌剂处理 > 常规处理 > 低温保护剂处理，速效钾含量则为常规处理 > 低温保护剂处理 > 氨基酸处理 > 生根菌剂处理。总体而言，促根措施有利于土壤肥力提高和保持。

Table 7. Effects of different treatments on basic soil fertility after harvest and curing in Longxin tobacco area
表 7. 龙新烟区不同处理对采烤结束后土壤基本肥力的影响

处理	pH 值	有机质	全氮(N)	全磷(P)	全钾(K)	水解性氮(N)	有效磷(P)	速效钾(K)
		g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
常规处理	5.44	49.09	2.41	1.54	16.16	171.51	110.8	750.48
施用黄腐酸钾	5	57.17	2.64	1.23	15.38	203.58	96.06	375.57
施用生物有机肥	5.17	52.61	2.7	1.56	15.41	216.06	130.35	464.37
施用有机无机复混肥	4.73	49.14	2.56	1.53	15.2	224.08	115.95	387.22
施用氨基酸	4.84	53.36	2.67	1.49	15.19	193.78	142.7	608.68
施用低温保护剂	5.52	53.72	2.62	1.47	15.59	190.22	95.37	642.83
施用生根菌剂	4.71	49.04	2.4	1.4	16.2	179.53	116.29	588.32

3.8. 龙新烟区不同处理烟叶采烤结束后土壤结构分析

从表 8 可以看出，>1 mm 的土壤团聚体表现为常规处理高于营养调控和促根措施各处理，0.25~0.5 mm 和<0.25 mm 的土壤团聚体表现为常规处理明显低于营养调控和促根措施各处理；其中 1~5 mm 的土壤水稳性团聚体组成以生物有机肥处理和生根菌剂处理相对最低，>5 mm 的土壤团聚体以有机无机复合肥处理和低温保护剂处理相对最低；0.25~0.5 mm 水稳性团聚体结构以黄腐酸钾处理和生根菌剂处理相对最高，<0.25 mm 的土壤团聚体以生物有机肥处理和生根菌剂处理相对最高。

Table 8. Effects of different treatments on soil structure after tobacco leaf harvest and curing
表 8. 不同处理对烟叶采烤结束后土壤结构的影响

处理	水稳性大团聚体组成						容重 g/cm ³	密度 g/cm ³	总孔隙度 %
	>5 mm (g)	2~5 mm (g)	1~2 mm (g)	0.5~1 mm (g)	0.25~0.5 mm (g)	<0.25 (g)			
常规处理	11.19	14.36	14.63	18.23	11.81	29.8	0.76	2.37	67.79
施用黄腐酸钾	3.2	7.78	10.15	16.89	14.56	47.42	0.78	2.34	66.56
施用生物有机肥	5.39	6.46	8.73	15.03	13.22	51.17	0.76	2.53	69.88
施用有机无机复合肥	1.82	8.15	10.92	16.39	13.26	49.46	0.77	2.51	69.35
施用氨基酸	7.71	9.35	13.9	17.21	12.28	39.55	0.71	2.37	70.14
施用低温保护剂	3.05	15.91	17.12	23.13	12.2	28.59	0.7	2.34	70.07
施用生根菌剂	6.23	8.91	8.95	15.58	14.54	45.79	0.78	2.34	66.68

4. 讨论

4.1. 营养调控措施对烟株生长及产质量的作用机制

黄腐酸钾兼具改良土壤与促生抗逆双重功效, 其可促进土壤团粒结构形成, 提升养分有效性, 同时增强烟株细胞膜稳定性, 缓解低温对根系的损伤, 因此在生物量积累与产质量提升上表现突出; 生物有机肥通过微生物活动活化土壤养分, 延长养分供应周期, 保障烟株全生育期养分需求, 但其见效周期长于黄腐酸钾, 故产质量略逊一筹; 有机无机复混肥养分释放节奏与冷凉烟区烟株前期慢生特性匹配度不足, 导致增效作用有限。

4.2. 抗冷促根措施对烟株生长及产质量的作用机制

低温是冷凉烟区烟株生长的首要限制因子, 低温保护剂可直接降低低温对根系细胞的损伤, 维持根系吸收功能, 因此产值提升效果略优于营养调控措施; 氨基酸灌根通过补充 γ -氨基丁酸与聚谷氨酸, 促进根系细胞分裂与伸长, 增强根系吸收面积与能力, 促生增效作用显著; 生根菌剂依赖土壤微生物活性发挥作用, 而冷凉环境抑制微生物繁殖, 导致其效果弱于前两者。

4.3. 区域差异成因

象达烟区各处理综合表现优于龙新烟区, 核心原因在于象达烟区烟株团棵期基础农艺性状更优, 且土壤基础肥力对调控措施的响应更敏感, 能进一步放大措施增效作用; 而龙新烟区烟株旺长期株高、茎围等指标偏低, 前期生长基础薄弱, 一定程度上制约了调控措施效果。

5. 结论

营养调控与抗冷促根措施可有效解决龙陵冷凉烟区烟株前期生长迟缓问题, 促进烟株早生快发, 其中营养调控处理以黄腐酸钾、生物有机肥效果突出, 促根处理以低温保护剂、氨基酸灌根表现最优。

产质量方面, 两烟区均呈现黄腐酸钾(营养调控)、低温保护剂(抗冷促根)的产值领先优势, 且抗冷促根措施对产值的提升作用略优于营养调控措施, 二者协同可实现“1+1>2”的增效效果; 烤后烟叶化学成分协调性以黄腐酸钾与氨基酸灌根处理最优。

调控措施可改善土壤结构与肥力, 其中黄腐酸钾对土壤团聚体提升、生物有机肥对土壤有机质积累、氨基酸灌根对土壤酶活性增强均具有显著作用。

生产应用中, 象达烟区可优先推广黄腐酸钾 + 低温保护剂的高强度调控组合, 龙新烟区可选择生物有机肥 + 氨基酸灌根的高性价比方案, 以实现产量、品质与效益的协同提升。

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, 2019.
- [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.