

干旱胁迫条件下不同浓度5%调环酸钙对胡麻生长和产量的影响

史学芬¹, 王占贤¹, 杨钦忠², 王树生¹

(1. 鄂尔多斯市农牧业科学研究院, 内蒙古 鄂尔多斯 017000; 2. 内蒙古烁秋农牧业有限公司, 内蒙古 呼和浩特 010000)

摘要: 探究干旱胁迫条件下调环酸钙对旱作胡麻经济性状和产量的影响, 筛选出适宜旱作胡麻的调环酸钙喷施浓度, 为增强胡麻抗旱能力和稳定胡麻产量提供科学依据。以清水为对照, 设置5个5%调环酸钙喷施浓度(50、100、150、200、250 mg/L), 研究了不同浓度调环酸钙对旱作胡麻生长和产量的影响。结果表明, 不同浓度的调环酸钙对胡麻生长和经济性状指标有明显影响。在模拟自然干旱胁迫环境下, 喷施浓度为150 mg/L的5%调环酸钙处理增加了胡麻的株高、工艺长度、分茎数、单株有效果数及千粒重, 较清水对照分别显著增加了16.03%、11.54%、471.43%、28.22%、7.93%, 喷施浓度为150、250 mg/L的5%调环酸钙处理分别较清水对照显著增产7.08%、7.55%。喷施浓度为250 mg/L的5%调环酸钙处理胡麻产量略高于喷施浓度为150 mg/L的5%调环酸钙处理, 综合考虑增产效果、成本投入和净收益, 喷施浓度为150 mg/L的5%调环酸钙处理在保证增产效果的同时降低了生产成本, 具有更高的经济可行性和推广价值。胡麻全生育期土壤水分呈现自上而下, 由前至后的渐进式干旱, 现蕾至青果期持续中、重旱, 40 cm土层相对含水量从现蕾期39.2%骤降至青果期7.7%, 深层水分枯竭显著。因此, 大田试验中, 在胡麻初花期叶面喷施5%调环酸钙溶液150 mg/L, 起到缓解干旱胁迫增加产量的作用, 还为旱作胡麻节水增产技术简化施用量、降低生产成本提供了科学依据。

关键词: 调环酸钙; 浓度; 干旱胁迫; 胡麻; 生长; 产量

中图分类号: S656.9

文献标志码: A

文章编号: 2097-2172(2025)10-0917-05

doi:10.3969/j.issn.2097-2172.2025.10.006

Effects of Different Concentrations of 5% Prohexadione Calcium on the Growth and Yield of *Sesamum indicum* under Drought Stress Conditions

SHI Xuefen¹, WANG Zhanxian¹, YANG Qinzong², WANG Shusheng¹

(1. Ordos Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences, Ordos Inner Mongolia 017000, China; 2. Inner Mongolia Shuoqi Agriculture and Animal Husbandry Co., Ltd., Hohhot Inner Mongolia 010000, China)

Abstract: To investigate the effects of prohexadione calcium on the agronomic traits and yield of rainfed flax (*Sesamum indicum*) under drought stress and to identify the optimal foliar application concentration for improving drought tolerance and yield stability, 5 concentrations of 5% prohexadione calcium (Pro-Ca at 50, 100, 150, 200 and 250 mg/L, respectively) were tested with distilled water as the control. Results showed that different concentrations of Pro-Ca significantly affected flax growth and economic traits. Under simulated drought conditions, treatment with 150 mg/L 5% Pro-Ca significantly increased plant height, technical length, number of tillers, number of effective capsules per plant, and thousand-seed weight by 16.03%, 11.54%, 471.43%, 28.22%, and 7.93%, respectively, compared with the control. Treatments with 150 and 250 mg/L increased yield by 7.08% and 7.55%, respectively, over the control. Although the yield at 250 mg/L was slightly higher than that in the 150 mg/L treatment, considering yield improvement, input cost, and net benefit, 150 mg/L 5% Pro-Ca provided better economic feasibility and extension value by ensuring yield increase while reducing production cost. Soil moisture during the entire growth period of flax showed a gradual drought pattern from top to bottom and from early to late stages. From the budding to green capsule stage, moderate to severe drought persisted, with relative soil moisture in the 40 cm layer decreasing sharply from 39.2% to 7.7%, indicating deep-layer water depletion. Therefore, foliar spraying of 150 mg/L 5% prohexadione calcium solution at the initial flowering stage effectively alleviated drought stress and

收稿日期: 2024-02-23; 修订日期: 2025-06-19

基金项目: 国家特色油料产业技术体系(CARS-14-2-10)。

作者简介: 史学芬(1990—), 女, 内蒙古达拉特旗人, 农艺师, 硕士, 主要从事农作物新品种选育与栽培技术研究工作。Email: 1686706919@qq.com。

通信作者: 王占贤(1974—), 男, 内蒙古鄂托克旗人, 正高级农艺师, 主要从事农作物新品种选育与栽培技术研究工作。Email: wzxluck@126.com。

increased yield, providing a scientific basis for simplifying application rates, improving water-use efficiency, and reducing production costs in rainfed flax cultivation.

Key words: Prohexadione calcium (Pro-Ca); Concentration; Drought stress; *Sesamum indicum* L.; Growth; Yield

环境与作物的生长紧密相关, 干旱胁迫是影响作物生存和生物量最严重的非生物胁迫之一^[1]。干旱不仅会影响胡麻(*Sesamum indicum* L)正常生长发育和产量, 而且会降低品种的抗逆性, 使病害频频发生, 是胡麻生产发展的重要限制因素^[2]。近年来, 全球气候恶化、干旱频发, 培育耐旱品种、研究抗旱应急措施是应对全球干旱问题的必要方法。胡麻作为我国西北地区重要的油料作物, 主要分布在干旱、半干旱的丘陵地区, 该区域素有“十年九旱”之称, 胡麻有望成为中国北方农业产品的优势品种^[3-4]。生产上常需要采取相应的技术措施, 在一定程度上缓解干旱带来的不利影响, 从而稳定胡麻产量。调环酸钙(Prohexadione calcium, PHDC)是一种新型的植物生长调节剂, 用于控制禾谷类作物的旺长^[5], 是一种低毒、低残留, 在环境中易光降解和生物降解的新型植物生长延缓剂^[6], 具有抗倒伏、防旺长、塑造合理株型并提高作物产量和果实品质的作用。调环酸钙通过叶面处理, 可以提高植株坐果率, 还能提高植物的抗逆性, 增强植株抗寒冷、抗病害和抗旱的能力^[7]。调环酸钙也具有抑制活性赤霉素合成的特性^[8], 可以缩短许多植物的茎秆伸长, 对品种的表现型进行性状修饰, 起到抗倒伏、防旺长、塑造合理株型并提高作物产量和果实品质的作用, 但对植物体内既有的赤霉素活性没有影响。目前对调环酸钙的研究, 主要集中在小麦、花生及合成工艺等的应用研究上^[5, 9-12], 在胡麻和抗旱作用的应用报道较少。因此, 我们研究了不同浓度调环酸钙对旱作胡麻品种伊亚 6 号经济性状和产量的影响, 以期筛选出适宜旱作胡麻的调环酸钙喷施浓度, 为增强胡麻抗旱能力, 稳定胡麻产量提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 试验地概况

试验设在鄂尔多斯市农牧业科学研究院达拉特旗试验站(东经 110.21°、北纬 40.24°), 当地海拔 1 010 m, 属温带大陆性气候。4 月均温 9.6 °C, 降水量 17.8 mm; 5 月均温 17.5 °C, 降水量 32.4 mm; 6 月均温 23.0 °C, 降水量 6.0 mm; 7 月均温

23.4 °C, 降水量 63.2 mm(图1)。土质为黏土, 耕层土壤含有机质 6.3 g/kg、碱解氮 56.6 mg/kg、有效磷 2.5 mg/kg、速效钾 255.7 mg/kg, 土壤微碱性, pH 8.98, 前茬玉米, 水地。

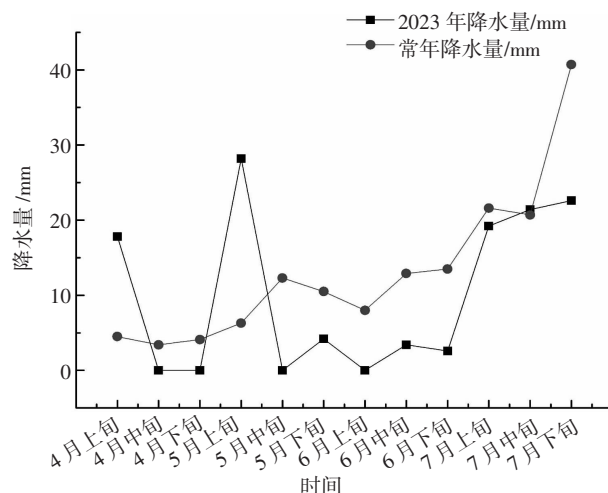


图1 2023年胡麻生育期降水量

1.2 试验材料

供试胡麻品种为伊亚 6 号, 由新疆维吾尔自治区伊犁州农业科学研究所提供。供试调环酸钙溶液, 由丰达农资提供。

1.3 试验方法

试验共设 5 个 5%调环酸钙溶液浓度处理, 分别为 50、100、150、200、250 mg/L, 分别用 A₁、A₂、A₃、A₄、A₅ 表示, 每处理喷施药剂量均为 450 L/hm², 均于胡麻初花期叶面喷施, 另设喷施清水为对照(A₆, CK)。采用随机区组排列, 3 次重复, 小区面积 13.34 m²(6.67 m × 2.00 m), 10 行区。于 2022 年秋翻地时基施氮磷钾复合肥(N-P₂O₅-K₂O 为 15-39-8)240 kg/hm², 灌适量冬水, 为了模拟自然干旱胁迫环境, 全生育期不浇水、不追肥。于 2023 年 3 月 30 日小拖拉机碾耙地, 4 月 21 日用小型播种机条播, 播深 3 cm, 播种量 825 万粒/hm²(有效粒), 5 月 18 日中耕锄草, 中后期拔草 2 次。8 月 4 日收获。

1.4 测定项目与方法

1.4.1 主要性状及产量 田间记载胡麻生育期, 成熟前每小区中间行随机连续取有代表性的 10 株样本植株进行室内考种, 小区实收测产数据均为

平均值。

1.4.2 土壤含水量 为了检测胡麻全生育期的干旱程度, 采用烘干法分别于胡麻播种期(4月 21 日)、出苗期(5月 3 日)、现蕾期(6月 8 日)、盛花期(6月 17 日)、成熟期(7月 24 日)分土层(0~10、10~20、20~30、30~40 cm)测定土壤含水量, 按照下式计算。

土壤含水量 = [(土样鲜重 - 土样干重) / 土样干重] × 100%

绝对含水量 = [(土样鲜重 - 烘后土重) / 烘后土重] × 100%;

相对含水量 = (绝对含水量 / 田间持水量) × 100%;

干旱程度划分标准为相对含水量(20 cm 土层土壤相对湿度) ≤ 10% 为特旱、10% ~ 20% 为重旱、20% ~ 40% 为中旱、40% ~ 60% 为轻旱、60% ~ 80% 为适宜、>80% 为偏湿^[12]。

1.5 数据分析

试验数据采用 Excel 和 SPSSPRO 进行计算、统计和分析。

2 结果与分析

2.1 不同浓度 5%调环酸钙对胡麻生育期的影响

由表 1 可知, 在模拟自然干旱胁迫环境下, 不同浓度调环酸钙处理与 A₆(CK) 的生育期完全一致, 不同浓度调环酸钙处理的胡麻均为 4 月 21 日播种, 5 月 3 日出苗, 6 月 8 日现蕾, 6 月 17 日到

表 1 不同浓度调环酸钙下胡麻的生育期

处理	物候期/(日/月)					生育期 /d
	播种期	出苗期	现蕾期	盛花期	成熟期	
A ₁	21/04	03/05	08/06	17/06	24/07	82
A ₂	21/04	03/05	08/06	17/06	24/07	82
A ₃	21/04	03/05	08/06	17/06	24/07	82
A ₄	21/04	03/05	08/06	17/06	24/07	82
A ₅	21/04	03/05	08/06	17/06	24/07	82
A ₆ (CK)	21/04	03/05	08/06	17/06	24/07	82

盛花期, 7 月 24 日成熟, 全生育期 82 d。表明在当前试验条件下, 调环酸钙未能改变胡麻生育期, 其生理调节作用可能被持续干旱胁迫所掩盖。

2.2 不同浓度 5%调环酸钙处理对胡麻农艺性状的影响

从表 2 可以看出, 不同浓度的 5%调环酸钙对胡麻的生长产生影响明显。株高均高于 A₆(CK), 其中以处理 A₃ 最高, 为 56.45 cm, 比 A₆(CK) 增加 16.03%; 其次是处理 A₅, 为 55.35 cm, 比 A₆(CK) 增加 13.77%; 处理 A₃ 与处理 A₅、A₄ 间差异不显著, 与处理 A₁、A₂、A₆(CK) 差异显著; 处理 A₅、A₄、A₁、A₂、A₆(CK) 间差异不显著。不同浓度的调环酸钙均增加了胡麻的茎节长度, 其中处理 A₅ 最高, 为 44.9 cm, 比 A₆(CK) 增加 15.13%; 处理 A₃、A₄ 较高, 分别为 43.50、43.07 cm, 分别较 A₆(CK) 增加 11.54%、10.44%; 处理 A₅ 与处理 A₃、A₄ 差异不显著, 与处理 A₁、A₂、A₆(CK) 差异显著; 处理 A₃、A₄ 与处理 A₁、A₂ 差异不显著, 与 A₆(CK) 差异显著。分茎数以 A₅ 最多, 为 0.43 个, 较 A₆(CK) 显著增加 514.29%; 其次是处理 A₃, 为 0.40 个, 较 A₆(CK) 显著增加了 471.43%; 处理 A₅、A₃ 间差异不显著, 与其余处理差异显著。分枝数均高于 A₆(CK), 其中以处理 A₅ 最多, 为 4.87 个, 较 A₆(CK) 显著增加 46.25%; 其次是处理 A₃, 为 4.37 个, 较 A₆(CK) 增加 31.23%。处理 A₅ 与处理 A₃ 差异不显著, 与其余处理差异显著; 处理 A₃、A₁、A₄、A₂、A₆(CK) 差异均不显著。单株有效果数处理 A₅ 最多, 为 16.85 个, 较 A₆(CK) 显著增加 66.83%; 处理 A₃、A₁ 较多, 分别为 12.95、11.35 个, 分别较处理 A₆(CK) 增加 28.22%、12.38%; 处理 A₅ 与其余处理差异显著; 处理 A₃ 与处理 A₁、A₆(CK) 差异不显著, 与处理 A₄、A₂ 差异显著。每果粒数以处理 A₁ 最高, 为 9.03 粒, 较处理 A₆(CK) 显著增加了 18.35%, 与其余处理差异均显著; 其次是处理 A₃、A₅, 均为

表 2 不同浓度调环酸钙下胡麻的农艺性状

处理	株高 /cm	茎节长度 /cm	分茎数 /个	分枝数 /个	单株有效果数 /个	每果粒数 /粒	千粒重 /g
A ₁	52.45±0.55 b	41.80±0.70 b	0.13±0.03 bc	3.87±0.45 b	11.35±1.45 bc	9.03±0.15 a	6.60±0.10 b
A ₂	49.40±0.10 b	40.67±0.15 bc	0.27±0.03 b	3.60±0.30 b	8.50±2.30 c	7.93±0.65 b	6.92±0.43 ab
A ₃	56.45±3.95 a	43.50±2.7 ab	0.40±0.06 a	4.37±0.45 ab	12.95±0.85 b	8.23±0.15 b	6.67±0.15 b
A ₄	53.25±3.55 ab	43.07±2.25 ab	0.20±0.06 bc	3.77±0.15 b	9.80±1.20 c	8.10±0.20 b	6.60±0.10 b
A ₅	55.35±0.45 ab	44.90±1.20 a	0.43±0.03 a	4.87±0.06 a	16.85±2.55 a	8.23±0.35 b	7.17±0.06 a
A ₆ (CK)	48.65±0.45 b	39.00±0.60 c	0.07±0.03 c	3.33±0.25 b	10.10±1.20 bc	7.63±0.75 b	6.18±0.23 c

8.23 粒，较处理 A₆(CK)增加 7.86%，与处理 A₄、A₂、A₆(CK)差异均不显著。千粒重处理 A₅ 最多，为 7.17 g，较处理 A₆(CK)显著增加 16.02%；其次是处理 A₂，为 6.92 g，较处理 A₆(CK)显著增加 11.97%；处理 A₃ 较处理 A₆(CK)显著增加 7.93%；处理 A₅ 与处理 A₂ 差异不显著，与其余处理差异显著；处理 A₂ 与处理 A₃、A₁、A₄ 间无显著差异，与处理 A₆(CK)差异显著。

2.3 不同浓度 5%调环酸钙处理对胡麻产量的影响

由表 3 可以看出，不同浓度的 5%调环酸钙溶液对胡麻折合产量有一定影响。其中以处理 A₅ 的胡麻折合产量最高，为 1 709.15 kg/hm²，比 A₆(CK)显著增产 7.55%；其次是处理 A₃，为 1 701.65 kg/hm²，比 A₆(CK)显著增产 7.08%；处理 A₄、A₂ 的胡麻折合产量分别为 1 611.69、1 604.20 kg/hm²，比 A₆(CK)分别增产 1.42%、0.94%；处理 A₁ 的胡麻折合产量最低，为 1 559.22 kg/hm²，比 A₆(CK)减产 1.89%。对产量进行方差分析表明，处理 A₅、A₃ 间均与处理 A₄、A₂ 差异不显著，与处理 A₁、A₆(CK) 差异显著；处理 A₄、A₂、A₁、A₆(CK) 间差异不显著。由此可见，5%调环酸钙的最佳喷施浓度是 250 mg/L，其次是浓度 150 mg/L。处理 A₅ 产量虽与处理 A₃ 差异不显著，但成本较高，净收益低于处理 A₃。因此，综合考虑增产效果、成本投入和净收益，处理 A₃ 在保证增产效果的同时降低了生产成本，具有更高的经济可行性和推广价值。

表 3 不同浓度调环酸钙下胡麻的产量

处理	小区平均产量 / (kg/13.34 m ²)	折合产量 / (kg/hm ²)	增产率 / %	位次
A ₁	2.08±0.07 b	1 559.22±49.91 b	-1.89	6
A ₂	2.14±0.06 ab	1 604.20±47.48 ab	0.94	4
A ₃	2.27±0.02 a	1 701.65±15.20 a	7.08	2
A ₄	2.15±0.04 ab	1 611.69±28.38 ab	1.42	3
A ₅	2.28±0.03 a	1 709.15±18.87 a	7.55	1
A ₆ (CK)	2.12±0.07 ab	1 589.21±51.63 b		5

2.4 胡麻全生育时期土壤含水量

由图 2 可以看出，胡麻全生育期土壤水分呈现自上而下、由前至后的渐进式干旱。垂直分布的结果显示，播前表现为“上旱下湿”，相对含水量为 53.8%~80.8%，0~10 cm 土层轻旱，10~30 cm 土层适宜，30~40 cm 土层偏湿；苗期相对含水量

为 33.8%~59.2%，0~10 cm 土层中旱，20~40 cm 土层为轻旱；现蕾期至盛花期相对含水量为 29.2%~39.2%，0~10、30~40 cm 土层中旱，20~30 cm 土层为轻旱；青果期，相对含水量为 7.7%~22.3%，10~30 cm 土层中旱，40 cm 土层重旱，绝对含土层水量仅 2.0%，为全剖面干旱；成熟期相对含水量为 10.8%~46.9%，0~10 cm 土层为轻旱，20~30 cm 土层为中旱，40 cm 土层重旱。干旱程度从苗期轻、中旱加剧至青果期重旱，其中生殖生长阶段(现蕾至青果期)持续中-重旱，40 cm 土层相对含水量从现蕾期 39.2%骤降至青果期 7.7%，深层水分枯竭显著，成熟期仍保持 10.8% 的重旱。可见 40 cm 土层的干旱程度较重。

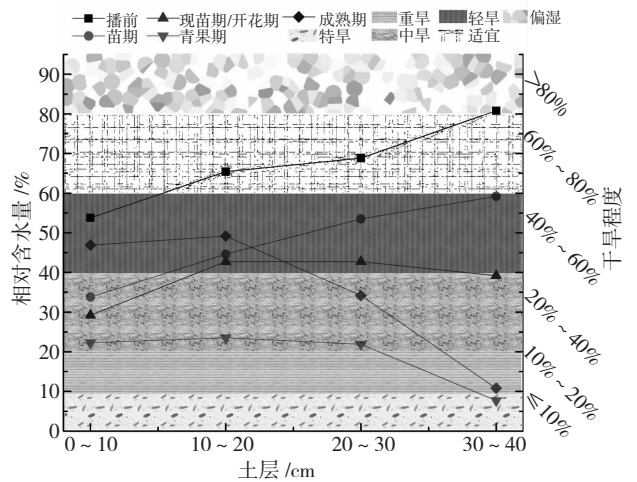


图 2 胡麻田胡麻全生育期土壤含水量及干旱程度

3 讨论与结论

植物生长调节剂是一类提取或者人工合成的，通过影响植物激素合成、运输和信号转导，进而调控作物生长发育的化合物。调环酸钙在环境中易光降解和生物降解的新型植物生长延缓剂。薛晓敏等^[13]、孙斌等^[14]研究发现，5%调环酸钙可明显提高小麦亩穗数、穗粒数、千粒质量，显著促进生殖生长的同时对抗倒伏也有明显的促进作用。本试验在模拟自然干旱胁迫环境下，在胡麻初花期叶面喷施不同浓度 5%调环酸钙溶液 1 次，结果表明对胡麻的生长和经济性状产生了显著影响，增加了胡麻的工艺长度、分茎数、分枝数、每果粒数、千粒重，喷施浓度为 150、250 mg/L 的 5%调环酸钙比清水对照的产量分别增产 7.08%、7.55%，起到了塑造合理株型从而提高作物产量的作用，这与前人试验结果一致。王文玉等^[15]研究

发现, 15%调环酸钙对水稻的穗长、穗粒数、千粒质量效果较好, 这与本试验发现有所差异, 可能是因为试验气候因素、试验条件、试验目标作物的不同, 导致施用调环酸钙也存在差异。李广维等^[16]研究发现, 不同浓度调环酸钙对株高的调控效果具有一定剂量效应, 随剂量的增加先增强后减弱, 吐絮期在两试验点棉花株高较对照增加 3.35%、7.15%。本试验中喷施浓度为 150 mg/L 的调环酸钙处理增加了胡麻的株高。施用调环酸钙后作物株高有所增加可能的原因是不同作物在不同浓度下调环酸钙的生长状态可能不同, 所以导致胡麻株高增加。

试验结果表明, 不同浓度的调环酸钙对胡麻生长和经济性状指标影响明显。在模拟自然干旱胁迫环境下, 喷施浓度为 150 mg/L 的调环酸钙处理增加了胡麻的株高、工艺长度、分茎数、单株有效果数及千粒重, 较清水对照分别显著增加了 16.03%、11.54%、471.43%、28.22%、7.93%, 喷施调环酸钙浓度为 250 mg/L 处理的胡麻产量与 150 mg/L 分别较清水对照增产 7.55%、7.08%。胡麻全生育期土壤水分呈现自上而下, 由前至后的渐进式干旱, 现蕾至青果期持续中-重旱, 40 cm 土层土壤相对含水量从现蕾期的 39.2%骤降至青果期的 7.7%, 深层水分枯竭显著。综上所述, 在旱作条件下, 建议初花期喷施 5%调环酸钙 150 mg/L 可达到缓解干旱胁迫, 增加产量的目的。

参考文献:

- [1] SCHWEIGHOFER A, HIRT H, MESKIENE I. Plant PP2C phosphatases: emerging functions in stress signaling[J]. *Trends in Plant Science*, 2004, 9(5): 236-243.
- [2] 吴瑞香, 杨建春, 王利琴, 等. 应用多元分析法综合评价胡麻材料抗旱适应性[J]. *作物杂志*, 2018(5): 10-16.
- [3] 何丽, 杜彦斌, 王娜, 等. 胡麻抗旱综合性评价及种质资源分析[J]. *分子植物育种*, 2022, 20(21): 7270-7280.
- [4] 陈军, 叶春雷, 王炜, 等. 植物生长调节剂在胡麻上的应用效果研究[J]. *寒旱农业科学*, 2024, 3(2): 157-162.
- [5] 冯已. 调环酸钙合成工艺研究及其类似物合成[D]. 郑州: 郑州大学, 2011.
- [6] 孔松, 马丽, 徐珊, 等. 调环酸钙对棉花农艺性状及产量品质的调控效应[J]. *农业科技通讯*, 2023(7): 124-126.
- [7] 潘明君, 尹永强, 沈方科, 等. 调环酸钙对低温胁迫下烟草幼苗生理指标的影响[J]. *西南农业学报*, 2016, 29(2): 288-293.
- [8] 郑先福, 赵东生, 孙炳剑, 等. 调环酸钙安全性初步评价[J]. *南方农业学报*, 2011, 42(3): 288-290.
- [9] 陈俊华, 郭世保, 徐雪松, 等. 5%调环酸钙泡腾颗粒剂对小麦的调控作用[J]. *江苏农业科学*, 2016, 44(10): 143-146.
- [10] 杜连涛. 调环酸钙对丘陵地区夏直播花生生理特性及产量的影响[J]. *云南农业大学学报*, 2014, 29(3): 365-369.
- [11] 郑彩霞, 赵宝颀, 俞华林, 等. 沿黄灌区不同种植密度对胡麻产量和植株性状的效应[J]. *寒旱农业科学*, 2024, 3(9): 839-842.
- [12] 郑尚义. 天水旱作区胡麻品种引种比较试验初报[J]. *寒旱农业科学*, 2024, 3(2): 152-156.
- [13] 薛晓敏, 林开创. 5%调环酸钙泡腾颗粒剂对小麦生长及产量影响[J]. *河南农业*, 2022(1): 40-41.
- [14] 孙斌, 张佳佳, 宋语娇, 等. 5%调环酸钙 EA 对小麦抗倒伏和产量及其相关因素的影响[J]. *农学学报*, 2022, 12(6): 14-17.
- [15] 王文玉, 郑桂萍, 万思宇, 等. 15%调环酸钙对水稻产量与品质的影响[J]. *大麦与谷类科学*, 2019, 36(3): 11-17.
- [16] 李广维, 张特, 仲文帆, 等. 调环酸钙对棉花株型调控及产量品质的影响[J]. *华北农学报*, 2020, 35(S1): 195-201.