

刘泽亮,刘瑞显,张国伟,等. 二氢卟吩铁对花生养分累积分配及产量品质的影响[J]. 江苏农业科学,2026,54(1):105-111.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2026.01.014

二氢卟吩铁对花生养分累积分配 及产量品质的影响

刘泽亮^{1,2}, 刘瑞显², 张国伟², 陈嘉敏^{1,2}, 陈新红¹, 束红梅²

(1. 淮阴工学院生命科学与食品工程学院,江苏淮安 223003; 2. 江苏省农业科学院经济作物研究所,江苏南京 210014)

摘要:旨在通过探究新型植物生长调节剂二氢卟吩铁对花生养分累积分配及产量品质的影响,从而为花生增产提供技术支撑和理论依据。在花针期、结荚期通过叶面喷施清水(CK)和 0.04 mg/L 0.02% 二氢卟吩铁(ICE6)可溶粉剂,分析 ICE6 对花生农艺性状、物质累积与分配、养分累积与分配及产量品质的影响。结果表明,与 CK 相比,在花针期喷施 ICE6 能够显著增加整株、茎枝的干物质量,能够显著增加氮、磷、钾积累量,增加茎枝干物质量,提高氮、磷、钾的分配比例;在结荚期喷施 ICE6 能够显著降低植株株高、第 1 侧枝长度,增大荚果的干物质量,提高分配比例,其中荚果的干物质分配比例在 2022、2023 年分别增加了 7.63%、7.89%;荚果中氮、磷、钾的积累量、分配比例升高。与 CK 相比,喷施 ICE6 的处理能够显著增加植株的总果数、总果重、百仁重和产量,2022、2023 年产量增幅分别为 9.15%、11.41%。可以看出,喷施 ICE6 对花生籽粒的蛋白含量、氨基酸组分含量、含油量、脂肪酸含量无不良影响。由研究结果还可以看出,喷施 ICE6 可以增加花生的养分积累量,并促进养分向荚果分配,进而有利于产量提高,且不影响花生品质。综上得出,喷施 ICE6 是花生增产的有效措施。

关键词:花生;二氢卟吩铁;养分累积与分配;干物质累积与分配;产量

中图分类号:S565.201;S565.204 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2026)01-0105-06

花生是我国重要的油料作物,其产量取决于光合生产能力、光合产物的运转和分配。氮(N)、磷(P)、钾(K)养分的吸收和分配会直接或间接影响物质生产和产量形成^[1]。合理施用生长调节剂是提高作物产量和品质的重要措施^[2-3]。研究生长调节剂对花生物质累积分配、养分累积分配及产量形成的调控效应,对于在实际生产中用植物生长调节剂改善花生产量具有重要意义。

二氢卟吩铁(iron chlorin e6, ICE6)是一种由叶绿素、血红素等植物内源成分的结构母核与三价铁离子螯合形成的多组分螯合物,呈墨绿色疏松粉末状,无臭且具有弱氧化性。它从蚕沙中提取获得,是一种新型的天然植物生长调节剂^[4],具备抑制叶绿素酶活性、延缓叶绿素分解以增强光合作用、促进根系生长、

提升发芽率及增强抗逆性等诸多特性^[5-6]。在小麦、油菜、水稻等作物上的研究发现,ICE6 可以促进作物生长,增加作物产量和经济效益,且对作物品质无不良影响^[7-9]。ICE6 通过改变小麦物质分配,从而提高单位面积小麦产量^[10]。在干旱条件下,ICE6 通过提高作物的光合效率促进养分累积^[11]。喷施 ICE6 能够促进干旱复水后花生的光合性能恢复,并且促进花生的生殖生长^[12]。上述研究结果表明,二氢卟吩铁通过调控物质分配从而提高作物产量。

植物生长调节剂不仅可以促进花生对养分的吸收利用^[13-14],而且能调节花生体内的养分分配,促进花生体内的养分向荚果转移^[15]。ICE6 是一种新型植物生长调节剂,其对花生养分累积与分配的研究还未见报道。因此,本研究在花生产量形成的关键时期(花针期、结荚期)喷施 ICE6,研究花生干物质累积与分配、养分累积与分配及产量、品质形成的变化特征,以为花生生产过程中 ICE6 的合理施用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试花生品种为宁泰 9922;供试药剂为 0.02%

收稿日期:2025-01-15

基金项目:江苏省创新支撑计划乡村产业振兴项目(编号:GY-BC202201);亚夫科技服务项目[编号:KF(23)1307]。

作者简介:刘泽亮(2000—),男,江苏泰兴人,硕士研究生,主要从事花生栽培生理研究。E-mail:11721106468@163.com。

通信作者:束红梅,博士,副研究员,主要从事经济作物栽培与生理研究,E-mail:shuhongmei@jaas.ac.cn;陈新红,博士,教授,主要从事作物栽培与生理研究,E-mail:cxh_xj@163.com。

二氢卟吩铁可溶粉剂,由南京百特生物工程有限公司提供。

1.2 试验设计

试验于 2022、2023 年在江苏省连云港市赣榆区班庄镇连云港市生态循环农业示范基地进行。于 2022 年 6 月 17 日播种,10 月 10 日收获;于 2023 年 6 月 18 日播种,10 月 10 日收获。播种行距为 40 cm,株距为 15 cm,每穴 3 粒,3 叶期后每穴定植 1 株。每个处理设 3 个重复,共设 6 个小区。以喷施等量清水作为对照组(CK),以在花生花针期(出苗后 50 d)、结荚期(出苗后 80 d)喷施有效成分 0.04 mg/L 二氢卟吩铁溶液作为处理组(ICe6)。每次喷药 7 d 后取样,其他管理措施参照高产栽培要求。

1.3 测定内容与与方法

1.3.1 农艺性状的测定 分别于花生花针期、结荚期喷施 ICe6 7 d 后在每个试验小区取样 3 穴,测定花生植株株高及第 1 侧枝长。将每株花生分为茎枝、叶片、果针和荚果(指有经济价值的荚果),将各部位样品在 105 ℃杀青 30 min,再于 80 ℃烘干至恒重,测定各部位的干物质重。

1.3.2 植株养分指标的测定 将烘干样品粉碎后,分别用凯氏定氮法^[16]、钼锑抗比色法^[17]和火焰光度法^[18]测定样品的全氮、全磷、全钾含量。养分积累量 = 干物质重 × 养分含量,分配比例 = 各部位的养分积累量/植株总养分积累量。用燃烧氧化-非分散红外法^[19]测定植株总碳(C)含量,并计算碳氮比(C/N)。

1.3.3 产量、品质指标的测定 在花生成熟期,从每个试验小区取 5 穴风干后的花生进行室内考种,调查并统计单株荚果数、果重、产量、百仁重及出仁率。从每个小区的风干荚果中随机取样 500 g,从中挑选 100 粒成熟饱满的籽仁作为典型样品,测定营养含量。用 NIRS DA 1650 近红外分析仪测定花生的品质指标。

1.4 统计分析

用 Excel、SPSS 软件进行数据统计、分析与作图,用最小显著性差异法(LSD)($\alpha = 0.05$)进行多重比较分析。

2 结果与分析

2.1 二氢卟吩铁对花生农艺性状的影响

由表 1 可以看出,在花生花针期,ICe6 处理植

株株高、第 1 侧枝长与 CK 间无显著差异,且 2 年的趋势一致。在花生结荚期,ICe6 处理能够显著降低花生植株株高、第 1 侧枝长度,与 CK 相比,2022、2023 年的花生株高分别降低了 14.81%、15.54%,第 1 侧枝长分别降低了 11.44%、11.07%。

表 1 二氢卟吩铁对花生农艺性状的影响

生长时期	处理	2022 年		2023 年	
		株高 (cm)	第 1 侧枝长 (cm)	株高 (cm)	第 1 侧枝长 (cm)
花针期	CK	36.33a	33.34a	32.52a	31.21a
	ICe6	35.57a	33.21a	31.33a	30.16a
结荚期	CK	57.12a	56.27a	61.66a	60.34a
	ICe6	48.66b	49.83b	52.08b	53.66b

注:同列数据后标有不同小写字母表示同一生长时期各处理间在 0.05 水平差异显著。表 2 同。

2.2 二氢卟吩铁对花生干物质积累与分配的影响

由表 2 可以看出,在花针期,ICe6 处理显著增大了茎枝、整株的干物质积累量,且 2 年的趋势基本一致。与 CK 相比,2022、2023 年 ICe6 处理的茎枝干物质积累量分别增长了 25.13%、26.97%,整株干物质质量分别增加了 20.46%、24.04%。整体上看,ICe6 处理对植株各器官的干物质分配比例无显著影响。

由表 2 还可以看出,在结荚期,ICe6 处理显著增大了荚果的干物质积累量,与 CK 相比,2022、2023 年荚果的干物质积累量分别增加了 11.10%、13.36%,且结荚期 ICe6 处理能够提高植株荚果的干物质分配比例,2022、2023 年荚果干物质分配比例的增幅分别为 7.63%、7.89%。

2.3 二氢卟吩铁对花生养分累积与分配的影响

由表 3 可以看出,在花针期,ICe6 处理对植株各器官的 N 含量无显著影响,但会显著增加各部位和整株的 N 积累量,2 年内整株的 N 积累量的增幅分别为 26.63%、22.52%;ICe6 处理能够提高茎枝中 N 的分配比例。在结荚期,ICe6 处理对植株各器官的 N 含量无显著影响(2023 年茎枝除外),但是 ICe6 处理植株叶片、果针、荚果、整株的 N 积累量显著增加,其中 2 年内荚果的 N 积累量分别较 CK 增加了 17.40%、16.44%;ICe6 能够显著降低植株茎枝的 N 分配比例,增加荚果的 N 分配比例,2 年内荚果的 N 分配比例分别增加了 9.52%、6.31%。

由表 4 可以看出,ICe6 对花针期、结荚期植株的 P 含量无显著影响。在花针期,ICe6 处理增加了茎枝、整株的 P 积累量,2 年内茎枝的 P 积累量分别

表 2 二氢卟吩铁对花生干物质积累与分配的影响

年份	生长时期	处理	干物质积累量(g/株)					分配比例(%)			
			茎枝	叶	果针	荚果	整株	茎枝	叶	果针	荚果
2022	花针期	CK	15.28b	11.21a	1.22b		27.71b	55.14a	40.45a	4.40a	
		ICe6	19.12a	12.68a	1.58a		33.38a	57.28a	37.99a	4.73a	
	结荚期	CK	36.98a	22.68b	4.33a	21.53b	85.52b	43.24a	26.52a	5.06a	25.18b
		ICe6	33.80b	25.12a	5.43a	23.92a	88.27a	38.29b	28.46a	6.15a	27.10a
2023	花针期	CK	14.24b	10.48b	1.32b		26.04b	54.69a	40.25a	5.07a	
		ICe6	18.08a	12.56a	1.66a		32.30a	55.98a	38.89a	5.14a	
	结荚期	CK	38.35a	23.94b	5.59a	22.30b	90.18b	42.53a	26.55b	6.20a	24.73b
		ICe6	34.98b	28.25a	6.25a	25.28a	94.76a	36.91b	29.81a	6.60a	26.68a

表 3 二氢卟吩铁对花生植株 N 含量、积累与分配比例的影响

生长时期	器官	处理	2022 年			2023 年		
			N 含量(mg/g)	N 积累量(mg)	分配比例(%)	N 含量(mg/g)	N 积累量(mg)	分配比例(%)
花针期	茎枝	CK	22.09a	337.54b	35.75b	26.32a	374.80b	38.83b
		ICe6	25.87a	494.63a	41.38a	27.55a	498.10a	42.12a
	叶片	CK	50.89a	570.48b	60.43a	52.24a	547.48b	56.71a
		ICe6	51.30a	650.48a	54.42b	50.53a	634.66a	53.66b
	果针	CK	29.54a	36.04b	3.82a	32.63a	43.07b	4.46a
		ICe6	31.83a	50.29a	4.21a	30.09a	49.95a	4.22a
	整株	CK		944.05b			965.34b	
		ICe6		1 195.41a			1182.71a	
结荚期	茎枝	CK	17.29a	639.38a	25.08a	18.54a	711.01a	25.88a
		ICe6	16.12a	544.86b	19.93b	17.63b	616.70b	20.50b
	叶片	CK	39.44a	894.50b	35.09b	39.94a	956.16b	34.81b
		ICe6	39.26a	986.21a	36.08a	40.14a	1 133.96a	37.70a
	果针	CK	25.45a	110.20b	4.32a	25.56a	142.88b	5.20a
		ICe6	25.65a	139.28a	5.10a	26.67a	166.69a	5.54a
	荚果	CK	42.05a	905.34b	35.51b	42.01a	936.82b	34.11b
		ICe6	42.65a	1 062.84a	38.89a	43.15a	1 090.83a	36.26a
	整株	CK		2 549.42b			2 746.88b	
		ICe6		2 733.18a			3 008.17a	

注:同列数据后不同小写字母表示同一生长时期同一器官各处理在 0.05 水平上差异显著。表 4 至表 6 同。

增加了 30.45%、24.99%,整株的 P 积累量的增幅分别为 21.94%、22.45%。在结荚期,ICe6 处理植株叶片、荚果的 P 积累量显著增加,ICe6 处理能够降低茎枝的 P 分配比例,2 年内分别较 CK 降低了 15.70%、13.92%,同时能够增加荚果的 P 分配比例,2 年内分别较 CK 提高了 12.18%、9.55%。

由表 5 可知,在花针期,ICe6 处理能够显著增加植株茎枝中的 K 含量,2 年的增幅分别为 7.51%、12.17%;此外,能够增加植株茎枝、果针和整株的 K 积累量,与 CK 相比,2 年内茎枝的 K 积累量分别提高了 34.52%、42.42%,整株的 K 积累量分别增加了 26.05%、24.02%。在结荚期,ICe6 处

理能够显著降低植株茎枝的 K 积累量,但是会增加荚果的 K 积累量,2 年增幅分别为 21.03%、23.39%。同时,ICe6 处理后,茎枝中 K 的分配比例降低,荚果的分配比例升高。

2.4 二氢卟吩铁对花生碳氮比的影响

由表 6 可以看出,与 CK 相比,喷施 ICe6 会影响花针期、结荚期各器官的全 C 积累量。在花针期,ICe6 处理会显著增加茎枝、叶及整株的全 C 积累量;在结荚期,ICe6 处理会显著降低茎枝的全 C 积累量,但会增加叶、果针、荚果及整株的全 C 积累量,2 年内整株的全 C 积累量分别增加了 5.96%、7.08%。综上可知,喷施 ICe6 对花生各器官的碳氮

表 4 二氢卟吩铁对花生植株 P 含量、积累与分配比例的影响

生长时期	器官	处理	2022 年			2023 年		
			P 含量(mg/g)	P 积累量(mg)	分配比例(%)	P 含量(mg/g)	P 积累量(mg)	分配比例(%)
花针期	茎枝	CK	2.12a	32.32b	52.52b	2.56a	36.45b	52.86a
		ICe6	2.21a	42.16a	56.19a	2.52a	45.56a	53.96a
	叶片	CK	2.36a	26.46a	43.00a	2.70a	28.30b	41.03a
		ICe6	2.34a	29.67a	39.55b	2.67a	33.54a	39.71a
	果针	CK	2.26a	2.76a	4.48a	3.19a	4.21a	6.11a
		ICe6	2.03a	3.20a	4.26a	3.22a	5.35a	6.33a
	整株	CK		61.53b			68.96b	
		ICe6		75.03a			84.44a	
结荚期	茎枝	CK	1.79a	66.01a	39.12a	1.91a	73.25a	37.51a
		ICe6	1.86a	62.87b	32.98b	1.95a	68.32b	32.29b
	叶片	CK	1.96a	44.34b	26.28b	2.08a	49.80b	25.50a
		ICe6	2.14a	53.76a	28.20a	2.07a	58.48a	27.64a
	果针	CK	2.00a	8.64a	5.12a	1.91a	10.68a	5.47a
		ICe6	2.02a	10.97a	5.75a	1.88a	11.75a	5.55a
	荚果	CK	2.31a	49.73b	29.48b	2.76a	61.55b	31.52b
		ICe6	2.53a	63.05a	33.07a	2.89a	73.06a	34.53a
	整株	CK		168.72b			195.27a	
		ICe6		190.64a			211.61a	

表 5 二氢卟吩铁对花生植株 K 含量、积累与分配比例的影响

生长时期	器官	处理	2022 年			2023 年		
			K 含量(mg/g)	K 积累量(mg)	分配比例(%)	K 含量(mg/g)	K 积累量(mg)	分配比例(%)
花针期	茎枝	CK	16.12b	246.31b	61.41b	14.13b	201.21b	53.19b
		ICe6	17.33a	331.35a	65.54a	15.85a	286.57a	61.08a
	叶片	CK	12.67a	142.03a	35.41a	15.60a	163.49a	43.22a
		ICe6	12.33a	156.34a	30.92b	13.26b	166.55a	35.50b
	果针	CK	10.44a	12.74b	3.18a	10.29a	13.58b	3.59a
		ICe6	11.31a	17.87a	3.53a	9.65a	16.02a	3.41a
	整株	CK		401.08b			378.28b	
		ICe6		505.56a			469.13a	
结荚期	茎枝	CK	16.30a	602.77a	49.71a	16.77a	643.13a	51.96a
		ICe6	16.67a	563.45b	44.14b	16.38a	572.97b	44.65b
	叶片	CK	13.94a	316.16b	26.07a	12.99a	310.98b	25.12a
		ICe6	13.85a	347.91a	27.25a	13.17a	372.05a	28.99a
	果针	CK	11.19a	48.45b	4.00b	12.84a	71.78b	5.80a
		ICe6	12.60a	68.42a	5.36a	12.30a	76.88a	5.99a
	荚果	CK	11.39a	245.23b	20.22b	9.50a	211.85b	17.12b
		ICe6	11.91a	296.80a	23.25a	10.34a	261.40a	20.37a
	整株	CK		1 212.61a			1 237.74a	
		ICe6		1 276.58a			1 283.30a	

比无显著影响。

2.5 二氢卟吩铁对花生产量与品质的影响

由表 7 可以看出,与 CK 相比,喷施 ICe6 能够显著

提高花生单株总果数、单株总果重、百仁重和产量,且 2 年的趋势一致,2 年的百仁重分别增加了 9.06%、10.56%,2 年的产量增幅分别为 9.15%、11.41%。

表 6 二氢卟吩铁对花生碳氮比的影响

生长时期	器官	处理	2022 年			2023 年		
			C 含量(mg/g)	C 积累量(mg)	C/N	C 含量(mg/g)	C 积累量(mg)	C/N
花针期	茎枝	CK	433.06a	6617.20b	19.60a	414.27a	5 899.13b	15.74a
		ICe6	450.84a	8 620.01a	17.43a	439.61a	7 948.15a	15.96a
	叶片	CK	464.26a	5 204.33b	9.12a	464.40a	4 866.91b	8.89a
		ICe6	473.75a	6 007.12a	9.23a	477.09a	5 992.25a	9.44a
	果针	CK	426.98a	520.91a	14.45a	428.67a	565.84a	13.14a
		ICe6	373.34b	589.88a	11.73a	376.71b	625.34a	12.52a
	整株	CK		12 342.43b	13.07a		11 331.89b	11.74a
		ICe6		15 217.02a	12.73a		14 565.74a	12.32a
结荚期	茎枝	CK	380.83a	14 083.09a	22.03a	385.60a	14 787.57a	20.80a
		ICe6	387.32a	13 091.52b	24.03a	386.82a	13 530.96b	21.94a
	叶片	CK	421.16a	9 551.80b	10.68a	403.03a	9 648.42b	10.09a
		ICe6	414.35a	10 408.53a	10.55a	407.82a	11 520.92a	10.16a
	果针	CK	367.30a	1 590.40b	14.43a	382.27a	2 136.89b	14.96a
		ICe6	363.57a	1 974.20a	14.17a	386.85a	2 417.81a	14.51a
	荚果	CK	514.63a	11 079.93b	12.24a	513.83a	11 458.41b	12.23a
		ICe6	521.43a	12 994.05a	12.23a	524.27a	13 253.55a	12.15a
	整株	CK		36 305.22b	14.24a		38 031.29 b	13.85a
		ICe6		38 468.30a	14.07a		40 723.24a	13.54a

表 7 二氢卟吩铁对花生产量及其构成的影响

年份	处理	单株总果数 (个)	单株总果重 (g)	百仁重 (g)	出仁率 (%)	产量 (kg/hm ²)
2022	CK	13.6b	27.3b	83.9b	71.4a	4 506.2b
	ICe6	15.4a	29.8a	91.5a	71.9a	4 918.7a
2023	CK	14.2b	28.2b	86.2b	70.3a	4 653.3b
	ICe6	15.8a	31.4a	95.3a	72.1a	5 184.1a

注:同列数据后不同小写字母表示同一年份各处理间在 0.05 水平上差异显著。表 8 至表 9 同。

由表 8、表 9 可以看出,与 CK 相比,喷施 ICe6 对花生籽仁蛋白含量、氨基酸含量、含油量及脂肪酸含量均无显著影响,且 2 年的趋势基本一致。

3 讨论与结论

植物生长调节剂可以有效协调营养生长和生殖生长的关系,以达到增加作物产量的目的。二氢卟吩铁(ICe6)是我国自主研发的新型植物生长调

表 8 二氢卟吩铁对花生蛋白质及氨基酸组分的影响

年份	处理	蛋白质含量 (%)	谷氨酸含量 (%)	异亮氨酸含量 (%)	亮氨酸含量 (%)	赖氨酸含量 (%)	蛋氨酸含量 (%)	苯丙氨酸含量 (%)	苏氨酸含量 (%)	缬氨酸含量 (%)
2022	CK	26.61a	5.28a	0.75a	1.52a	0.95a	0.19a	1.09a	0.59a	0.95a
	ICe6	27.02a	5.24a	0.74a	1.51a	0.95a	0.19a	1.09a	0.59a	0.95a
2023	CK	28.21a	5.65a	0.75a	1.61a	0.94a	0.19a	1.08a	0.60a	0.96a
	ICe6	28.39a	5.74a	0.77a	1.64a	0.94a	0.19a	1.12a	0.60a	0.97a

表 9 二氢卟吩铁对花生含油及脂肪酸组分的影响

年份	处理	含油量 (%)	棕榈酸含量 (%)	硬脂酸含量 (%)	油酸含量 (%)	亚油酸含量 (%)	亚麻酸含量 (%)	花生酸含量 (%)	山嵛酸含量 (%)	油酸/亚油酸
2022	CK	50.38a	11.68a	4.26a	46.04a	25.95a	0.06a	1.62a	2.59a	1.77a
	ICe6	49.88a	11.60a	4.04a	48.55a	22.80a	0.06a	1.59a	2.55a	2.13a
2023	CK	48.13a	12.00a	3.90a	29.47a	33.92a	0.08a	1.52a	2.65a	0.87a
	ICe6	47.89a	11.87a	3.96a	27.90a	33.88a	0.08a	1.56a	2.55a	0.82a

节剂,本研究在花针期、结荚期对花生配施 ICe6,研究其对花生物质、养分累积与分配及产量、品质的影响。结果表明,喷施 ICe6 显著增加了花针期植株茎枝、整株的干物质量,降低了结荚期植株株高、茎枝的干物质累积量及分配比例,但是增加了结荚期荚果的干物质累积量及分配比例,最终花生的单株果数、单株果重、产量及百仁重均增加。ICe6 具有增强光合作用的特点^[4],光合速率的提高有利于促进光合产物向花生地下部荚果运输。在本研究中,叶面喷施 ICe6 能够增加生长前期植株地上部干物质累积量,促进生育后期同化物向荚果的分配,从而有利于产量形成。这与前人关于多效唑、甲哌噻等植物生长调节剂的研究结果^[20-21]类似,在花生开花期喷施适当浓度生长调节剂可有效抑制植株主茎、侧枝的徒长和倒伏,协调花生的营养生长、生殖生长,促进荚果发育,提高单株果数及饱果率,进而提高产量。

植物对养分的吸收是生物量积累的基础,氮、磷、钾是作物生长发育必需的 3 种大量元素。氮是与产量关系最密切的营养元素;磷在豆科植物生长发育过程中起着重要作用;钾与植物的新陈代谢有关,可以增强作物的抗逆性、抗病能力^[22]。多种生长调节剂均能够促进作物体内养分的积累与分配^[20-21]。本研究结果显示,叶面喷施 ICe6 能够显著提升花针期植株茎枝、整株的 N、P、K 积累量,提高养分在茎枝中的分配比例,而茎中大部分养分最终会输向籽粒,说明喷施 ICe6 为籽粒的形成提供了良好的营养环境^[23]。叶面喷施 ICe6 可以提升结荚期荚果中 N、P、K 的积累量和分配比例,说明在结荚期这个从营养生长向生殖生长转变的节点,荚果成为花生新生长点,喷施 ICe6 提高了生殖器官的养分比例,有利于产量形成,该结果与上述喷施 ICe6 能够增加花生产量的结果吻合。

碳氮比是反映碳、氮代谢协调程度的重要指标,可反映碳、氮各自库源的相对丰缺程度及其对作物生长发育的影响^[24],调节剂能够影响植株的碳氮平衡。本研究结果显示,喷施 ICe6 能够显著提高花针期、结荚期花生的全碳积累量,但对各器官的碳氮比无明显影响。上述结果说明,喷施 ICe6 不仅能够促进花生中氮的积累,而且能够促进碳在花生的积累。ICe6 的施用使花生的碳氮代谢保持稳定,碳、氮的平衡积累有利于产量的形成。

花生籽仁蛋白质含量、其氨基酸组分及脂肪、

其脂肪酸组分是花生重要品质指标。植物生长调节剂可以改善作物品质^[5,25],多种调节剂可以提高花生籽仁的粗蛋白、脂肪含量^[14-15]。ICe6 在水稻、油菜、棉花等作物上的研究结果表明,ICe6 能够有效改善作物的产量,但对作物主要品质无明显影响^[8-9,11]。本研究亦发现,在花针期、结荚期喷施 ICe6 对花生蛋白质及氨基酸组分、含油及脂肪酸组分无明显影响。

本研究结果表明,喷施二氢吡吩铁可以有效抑制花生徒长,显著增加花生干物质量,协调花生的营养生长与生殖生长,改善氮、磷、钾养分的积累,提高生殖器官中养分分配比例,促进荚果发育,进而提高产量,并且对花生主要品质无不良影响。因此,在生产中可在花生花针期、结荚期适当喷施二氢吡吩铁以达到增产的目的。

参考文献:

- [1] 司贤宗,张翔,索炎炎,等. 不同花生品种氮磷钾钙硫吸收、分配和利用的差异[J]. 2021(16):1-7.
- [2] 林秋君,吴限鑫,邹询,等. 植物生长调节剂在花生中的应用及安全性分析[J]. 农学学报,2024,14(8):24-29.
- [3] Shah S H, Islam S, Ahmad Parrey Z, et al. Role of exogenously applied plant growth regulators in growth and development of edible oilseed crops under variable environmental conditions: a review[J]. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 2021, 21(4): 3284-3308.
- [4] 陈黎明. 植物生长调节剂二氢吡吩铁[J]. 农药科学与管理, 2018, 39(3): 67-68.
- [5] 胡蕾,孙一标,朱静雯,等. 二氢吡吩铁对不同播期小麦产量及生长特性的影响[J]. 江苏农业学报, 2024, 40(10): 1834-1843.
- [6] 张国,于居龙,凌鸿,等. 二氢吡吩铁浸种对水稻生长与增产效应研究[J]. 农学学报, 2024, 14(3): 34-39.
- [7] 蒋伟勤,宋佳敏,车阳,等. 二氢吡吩铁和乙烯利复配喷施对冬小麦产量形成及抗倒伏能力的影响[J]. 江苏农业科学, 2024, 52(15): 122-127.
- [8] 郭丽华,唐为爱,李万梅. 0.02% 二氢吡吩铁 DP 调节油菜生长的药效试验[J]. 上海蔬菜, 2016(2): 53-54.
- [9] 蔡雯雯,谷兴焕. 植物生长调节剂二氢吡吩铁在淮安市洪泽区水稻生产上的应用效果初探[J]. 上海农业科技, 2023(1): 130-131.
- [10] 车阳,蒋伟勤,李可,等. 二氢吡吩铁对不同生育期小麦抗渍害能力的影响[J]. 江苏农业学报, 2023, 39(8): 1627-1634.
- [11] 杨长琴,张国伟,束红梅,等. 干旱胁迫下二氢吡吩铁对棉花光合与抗氧化特性的影响[J]. 棉花学报, 2023, 35(4): 302-312.

黄蓉,申美,陈泰奇,等. 低氮胁迫对青稞光合特性及农艺性状的影响[J]. 江苏农业科学,2026,54(1):111-116.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2026.01.015

低氮胁迫对青稞光合特性及农艺性状的影响

黄蓉,申美,陈泰奇,陈光富,杨志宏,胡松,李丽华,康志钰
(云南农业大学农学与生物技术学院,云南昆明 650201)

摘要:为探究低氮胁迫对青稞光合特性及农艺性状的影响,采用二因素完全随机设计进行盆栽试验。因素 A 为青稞品系(滇青 1 号、滇青 2 号);因素 B 为氮浓度,以霍格兰完全营养液为基础设置 3 个梯度:N1(15 mmol/L)、N2(10 mmol/L)、N3(5 mmol/L),共 6 个处理,分别测定低氮胁迫下不同青稞品系在分蘖期、拔节期、抽穗期的光合特性及成熟期的农艺性状。结果表明,低氮胁迫对青稞的光合特性与农艺性状影响显著。经低氮胁迫处理后,青稞植株全氮含量下降明显,并在抽穗期达到最低。青稞叶片的总叶绿素含量在抽穗期均显著低于正常供氮处理。随着氮浓度的降低,净光合速率、气孔导度和蒸腾速率均表现为降低,而胞间 CO₂ 浓度表现为增加;青稞植株株高、分蘖数及穗粒数等农艺性状均低于正常供氮处理。滇青 2 号的总叶绿素含量、可溶性蛋白含量及农艺性状均高于滇青 1 号;滇青 2 号的全氮、可溶性糖含量则低于滇青 1 号。综上,低氮胁迫会抑制青稞植株地上部分的生长发育,并降低其光合性能;滇青 2 号较滇青 1 号具有更强的耐低氮与耐瘠薄能力。

关键词:青稞;光合特性;农艺性状;低氮胁迫

中图分类号:S512.301 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2026)01-0111-06

青稞(*Hordeum vulgare* L. var. *nudum* Hook. f.)别称裸大麦,是禾本科作物中栽培历史悠久的栽培大麦变种^[1]。该作物主要生长在高海拔和低温

环境中,具有抗逆性强、生长周期短、产量高等特点^[2-3]。作为青藏地区人民的主食,对青稞开展必要的研究,可促进当地的经济增长与社会稳定^[4]。

植物的生长发育需要从环境中吸收各种营养物质,其中氮是重要元素之一。氮构成植物的多种代谢复合物,能极大程度影响植物的生长发育^[5];同时也是形成叶绿素及参与光合作用的各种酶的重要组分。研究表明,缺氮会使谷子叶片中的叶绿

收稿日期:2024-12-09

基金项目:云南省重大科技专项子课题(编号:202102AE090014-4)。

作者简介:黄蓉(1998—),女,贵州瓮安人,硕士研究生,主要从事麦类作物遗传育种研究。E-mail:2531369812@qq.com。

通信作者:康志钰,博士,教授,主要从事作物遗传育种及种子科学与工程方面的教学和科研工作。E-mail:kangzhiyu@ynau.edu.cn。

[12]陈嘉敏,刘瑞显,张国伟,等. 二氢叶吩铁对花针期干旱及复水后花生叶片光合特性的影响[J]. 花生学报,2023,52(1):52-62.

[13]张义,刘云利,刘子森,等. 植物生长调节剂的研究及应用进展[J]. 水生生物学报,2021,45(3):700-708.

[14]谷翠菊. 植物生长调节剂对花生生长发育与产量的影响[D]. 黑龙江:黑龙江八一农垦大学,2019:38-40.

[15]张佳蕾,郭峰,李新国,等. 不同时期喷施多效唑对花生生理特性、产量和品质的影响[J]. 应用生态学报,2018,29(3):874-882.

[16]宋小云. 凯氏法测定土壤全氮的方法改进[J]. 环境与发展,2019,31(8):120-121.

[17]苗雪雪,龚浩如,陶曙华,等. 微波消解-钼锑抗光度法测定蔬菜中总磷[J]. 中国测试,2017,43(12):45-49.

[18]Zheng Y H, Wang Z L, Sun X Z, et al. Higher salinity tolerance cultivars of winter wheat relieved senescence at reproductive stage[J]. Environmental and Experimental Botany,2008,62(2):129-138.

[19]中华人民共和国环境保护部. 土壤有机碳的测定 燃烧氧

化-非分散红外法:HJ 695—2014[S]. 北京:中国环境科学出版社,2014.

[20]王重峰,马朝旺,李智辉,等. 10% 调环酸钙水分散粒剂对春播花生株高和产量的影响[J]. 河南农业,2019(10):37-38.

[21]孙晓英. 喷施乙烯利对花生农艺性状、产量和品质的影响[D]. 秦皇岛:河北科技师范学院,2023:31-35.

[22]史晓龙,张智猛,戴良香,等. 外源施钙对盐胁迫下花生营养元素吸收与分配的影响[J]. 应用生态学报,2018,29(10):3302-3310.

[23]程相国. 褪黑素提高花生氮吸收利用效率和产量的生理机制[D]. 新乡:河南科技学院,2023:31-33.

[24]Li K N, Tang S, Zhang S N, et al. Rice circadian clock regulator Nhd1 controls the expression of the sucrose transporter gene *OsSUT1* and impacts carbon-nitrogen balance[J]. Journal of Experimental Botany,2023,74(5):1460-1474.

[25]樊金哲,王远,焦姣,等. 3种植物生长调节剂对花生幼苗生长发育的影响[J]. 安徽农业科学,2020,48(24):132-135.