

网络出版日期:2017-06-29
网络出版地址:http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1220.S.20170629.1108.024.html

2,4-D 处理对辣椒杂交制种产量和质量的影响

陈卫国¹,刘克禄¹,陈 琛²

(1. 甘肃省农业科学院,兰州 730070;2. 甘肃省农业科学院 生物技术研究所,兰州 730070)

摘 要 以辣椒杂交种‘甘科 5 号’的双亲及制种田第 4~5 层花为材料,对授粉花朵人工杂交后,随即用 5 种不同质量浓度的 2,4-D 溶液对花梗进行涂抹处理,以清水处理为对照(CK),重复 3 次,每重复 100 朵花。统计坐果率、单果种子数量和产量、种子千粒质量、发芽率和发芽势。结果表明,与 CK 相比,不同质量浓度 2,4-D 处理的坐果率、单果种子数量和产量显著提高,其中,20×10⁻³ g/L 2,4-D 处理的坐果率最高;10×10⁻³ g/L 处理的单果种子数量最多,单果种子产量最高,比 CK 提高约 5.8 倍。不同质量浓度 2,4-D 处理对种子的千粒质量和发芽率影响较小。辣椒杂交制种中,用 5×10⁻³~20×10⁻³ g/L 的 2,4-D 溶液涂抹杂交授粉花梗,能够显著提高杂交坐果率和杂交果实的单果种子数量及产量,对种子质量各项指标没有显著影响。

关键词 2,4-D 处理;辣椒;杂交;制种

中图分类号 S641.3 **文献标志码** A **文章编号** 1004-1389(2017)07-1041-06

辣椒(*Capsicum annuum* L.)是世界上重要的蔬菜作物种类,中国是辣椒种植和消费大国,每年的种植面积约 150 万 hm²,约占中国蔬菜种植面积的 10%^[1]。辣椒作物的杂种优势较强,优良杂交品种通常比常规品种增产 20%~50%,因此,杂种优势利用成为辣椒育种的主要技术手段。辣椒的杂交种子生产技术较为复杂,蕾期人工去雄杂交是当前杂交种子生产的主要形式^[2],而人工去雄杂交往往存在落花严重和坐果率较低等问题,既影响辣椒的制种产量,也造成大量人力资源浪费和制种成本提高。因此,防止落花、提高坐果率和结实率是提高辣椒制种产量和效益的关键。从植物生理学角度来讲,引起辣椒落花的主要原因是随着结果数量的不断增加和果实急剧膨大,植株的源库关系逐步确立,大量光合产物、水分、矿质营养向果实运转,造成花器官中各种物质的供应不足,引起落花,坐果率急剧下降,是植物各器官竞争养分、水的结果,在茄果类蔬菜生产中普遍存在。李曙轩^[3]对引起茄果类蔬菜落花落果的主要因素及其生理机制做了详细分析阐述。邹学校^[4]将引起辣椒作物落花落果的外部因素归结为外界温度、光照、土壤水分、无机养分的影响。新近的科学研究^[3-5]揭示植物器官(叶片、花、果实)

脱落的生理机制,器官脱落与这些器官内生长素浓度的变化有关,生长素浓度变化诱导乙烯参与的加速植物离层区细胞衰老及离层区细胞壁水解过程,促进离层形成,引起器官脱落。使用植物生长调节剂处理能够有效阻止离层细胞分解和离层形成,可有效防止落花落果发生。低质量浓度的 2,4-D(2,4-二氯苯氧乙酸)在防止果树、蔬菜(茄果类和瓜类)作物落花落果方面有显著效果,在植物生产中被广泛应用。植物生长调节剂 2,4-D 的生物学功能效应及其在农业生产中的应用已有大量报道^[6-18]。2,4-D 在植物种子生产中的应用研究多集中于牧草和水稻^[19-25],李培英等^[20]研究 2,4-D 溶液喷施新疆狗牙根草的结果表明,喷施后的种子结实率和产量大幅提高。有关 2,4-D 在蔬菜种子生产中的应用研究尚未见报道。为提高辣椒杂交制种的坐果率和结实率,提高制种产量和效益,本研究结合辣椒杂交种子生产开展试验,旨在探索 2,4-D 在辣椒杂交制种中的生物效应及应用前景,对改进辣椒杂交制种技术,提高制种产量和效益,丰富辣椒制种理论有重要意义,对 2,4-D 在蔬菜杂交种子生产中未知功能作用的发掘与利用也有重要启示。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验所用植物生长调节剂 2,4-D(2,4-二氯苯氧乙酸)由甘肃省农科院生物技术研究细胞工程实验室提供。以辣椒杂交种‘甘科 5 号’^[26]的双亲为试验材料,父母本在温室内进行分期育苗,育苗及管理技术参照陈卫国等^[27]的方法进行。7 片真叶时定植于露地。试验于 2014 年 6 月 25—30 日在辣椒制种田中进行。

1.2 试验地条件及施肥管理

试验地位于甘肃省河西走廊中部的张掖市甘州区蔬菜制种基地,海拔 1 400 m,绿洲罐区,沙质壤土,前茬作物为西瓜。土壤耕层含有机质 11.0 g/kg、速效氮 36.9 mg/kg、有效磷 32.7 mg/kg、速效钾 106.2 mg/kg,pH 为 8.2。整地时每 667 m² 施入磷酸二铵(N-P-K=18-46-0)复合肥 35 kg、普通过磷酸钙 25 kg、硫酸钾[w(K₂O)=50%]15 kg、尿素 5 kg 作基肥。高垄栽培,垄高 25 cm,垄宽 65 cm,水沟宽 45 cm,垄顶弓圆型,地膜覆盖。

提前定植父本于塑料大棚,实行保护栽培。于 2014-05-06 露地定植母本,地膜覆盖,高垄栽培,垄的两侧各定植 1 行,株距 35 cm,行距 0.55 m,定植密度 3 460 株/667 m²。对椒坐果后结合灌水每 667 m² 追施复合肥 10 kg[m(N):m(P₂O₅):m(K₂O)=15:15:15,总有效成分 45%]、硝酸铵钙 20 kg[w(N)≥15%,w(Ca)≥19%],授粉结束后结合灌水每 667 m² 追施复合肥 15 kg、硝酸铵钙 30 kg。试验地定期喷施农药防治病虫害。

1.3 花粉制取保存与杂交授粉

辣椒花粉的采集保存及杂交授粉技术参照陈卫国等^[27]的方法进行。即杂交授粉期间,每日下午采集第 2 天待开的父本花蕾,剥取花药后平铺报纸上自然干燥。次日早晨,将开裂的花药倒入干燥玻璃杯中,上盖玻璃片,内置一枚硬币,震动摇粉,毛笔扫下杯壁上的花粉,用 80 目筛网过滤杂质,花粉收集于干燥的棕色小瓶中,2~4 ℃冰箱保存。杂交授粉时先将当日制取的新鲜花粉装入特制的授粉管内,田间选择合适的授粉花完成人工去雄,将花柱轻轻伸入授粉管使柱头沾满花粉即完成一朵花的人工杂交授粉过程,杂交授粉

期间每天反复进行此过程。

1.4 试验方法

配制不同质量浓度的 2,4-D 溶液,分装在玻璃瓶中,待用。试验设 5 个处理:5×10⁻³、10×10⁻³、15×10⁻³、20×10⁻³、25×10⁻³ g/L,以涂抹清水为对照(CK)。试验在正常的辣椒制种田中进行,杂交授粉从第 2 层花(对椒)开始至第 6 层花授粉结束。在杂交授粉的中后期(坐果率显著下降期),以第 4~5 层花为试验材料,每天上午选择发育正常的合适花蕾进行去雄和杂交授粉,授粉后随即用不同质量浓度的 2,4-D 溶液进行处理(用棉签蘸取药液涂抹授粉花梗),每朵花只涂抹 1 次,不重复涂抹,挂牌标记不同处理。每个处理 100 朵花,重复 3 次。授粉后第 15 天统计各处理的坐果数并计算坐果率。种果成熟后各处理分别采收掏籽,种子风干后测定各处理的单果种子数量、单果种子产量、种子千粒质量。种子发芽率和发芽势按照 GB/T3543.4 农作物种子检验规程发芽试验要求测定^[28],重复 3 次。

2 结果与分析

2.1 不同质量浓度 2,4-D 处理对辣椒坐果率及果实发育质量的影响

由表 1 可知,不同质量浓度 2,4-D 处理对辣椒杂交坐果率有显著影响。所有不同质量浓度 2,4-D 处理的杂交坐果率与 CK 相比均有显著提高,说明 2,4-D 处理有促进坐果的效应。不同质量浓度 2,4-D 处理的效应大小不同,较低范围 2,4-D 处理(5×10⁻³~20×10⁻³ g/L)的坐果率提高幅度较大,坐果率比 CK 提高 24%~46%,约 2.7~4.3 倍,效果显著。而较高质量浓度 2,4-D 处理(25×10⁻³ g/L)的坐果率相对较低,坐果率比 CK 仅提高 12%。其中 20×10⁻³ g/L 处理的坐果率最高(达 60%),显著高于其他各处理。5×10⁻³~15×10⁻³ g/L 各处理间的坐果率差异不显著,但显著高于 25×10⁻³ g/L 处理。从杂交授粉果的果实发育质量上看,较低质量浓度 2,4-D 处理(5×10⁻³~20×10⁻³ g/L)的果实发育质量较好,正常果实比例较高(约 92%以上),畸形果少;CK 和较高质量浓度 2,4-D 处理(25×10⁻³ g/L)的果实发育质量相对较差,正常果实比例较低(约 70%以下),畸形果较多。

表 1 不同质量浓度 2,4-D 处理辣椒的坐果率、单果种子数量、单果种子质量及果实发育质量

Table 1 Fruit-setting ratio,seed number and yield of single fruit and development quality of chili pepper under different mass concentrations of 2, 4-D

2, 4-D 的质量浓度/(g/L) Mass concentration of 2, 4-D	坐果率/% Fruit-setting ratio				单果种子数量 Number of single fruit				单果种子质量/g Seed yield of single fruit				正常果实比例/% Normal fruit ratio			
	I	II	III	平均 Average	I	II	III	平均 Average	I	II	III	平均 Average	I	II	III	平均 Average
5×10 ⁻³	46	48	50	48**	65	70	72	69**	0.683	0.690	0.703	0.692**	100	100	100	100**
10×10 ⁻³	36	38	40	38**	145	151	160	152**	1.427	1.593	1.765	1.595**	96	98	97	97**
15×10 ⁻³	42	46	44	44**	82	86	93	87**	0.745	0.780	0.821	0.782**	93	92	91	92**
20×10 ⁻³	57	60	63	60**	75	80	86	80**	0.753	0.762	0.774	0.763**	90	94	92	92**
25×10 ⁻³	27	26	25	26*	60	67	71	66**	0.648	0.660	0.678	0.662**	68	70	72	70
CK	12	14	16	14	23	26	29	26	0.275	0.287	0.296	0.286	63	67	65	65

注:“*”表示同列数据差异显著($P<0.05$);“**”表示同列数据差异极显著($P<0.01$)。下同。

Note:“*” Data in the same column show significant difference($P<0.05$);“**” extremely significant difference in the same column($P<0.01$). The same below.

2.2 不同质量浓度 2,4-D 处理对果实种子数量的影响

由表 1 可知,不同质量浓度 2,4-D 处理的杂交授粉果的单果种子数量均比 CK 显著提高,说明 2,4-D 处理显著促进授粉结实,能够显著增加授粉果的单果种子数量。不同处理的单果种子数量增加的效应大小也不同,其中 10×10⁻³ g/L 处理的单果种子数量最多(152 粒),极显著高于 CK (26 粒)和其他各处理。15×10⁻³ g/L 和 20×10⁻³ g/L 处理的单果种子数量表现次高,分别为 87 和 80,显著高于 25×10⁻³ g/L 处理,与 5×10⁻³ g/L 处理差异不显著。所有不同质量浓度 2,4-D 处理的单果种子数量均极显著高于 CK。

2.3 不同质量浓度 2,4-D 处理对果实种子产量的影响

试验结果显示(表 1),不同质量浓度 2,4-D 处理的杂交授粉果的单果种子质量比 CK 极显著提高,说明 2,4-D 处理有提高杂交授粉单果种子产量的效应。单果种子质量提高的效应大小不

同,其中 10×10⁻³ g/L 处理的单果种子质量最高(1.595 g),极显著高于 CK(0.286 g)和其他各处理。15×10⁻³ g/L 和 20×10⁻³ g/L 处理的单果种子质量次高,分别为 0.782 和 0.763 g,显著高于 25×10⁻³ g/L 处理,与 5×10⁻³ g/L 处理差异不显著。5×10⁻³ g/L 与 25×10⁻³ g/L 处理的单果种子质量差异也不显著。所有不同质量浓度 2,4-D 处理的单果种子质量均极显著高于 CK。

2.4 不同质量浓度 2,4-D 处理对种子质量的影响

种子的千粒质量、发芽率、发芽势是衡量种子质量优劣的重要指标。由表 2 可知,CK 的种子千粒质量最高(11.0 g)。各处理的种子千粒质量由高到低的排序是 10×10⁻³ g/L 处理最高(10.5 g),其次 5×10⁻³ 和 25×10⁻³ g/L 处理(10.0 g),15×10⁻³ 和 20×10⁻³ g/L 处理的最低(9.5 g),但是,各处理间及各处理与 CK 的种子千粒质量差异不显著。

表 2 不同质量浓度 2,4-D 处理的种子千粒质量、发芽率和发芽势

Table 2 Different concentrations of 2, 4-D on 1 000-seed mass, germination ratio and energy of chili pepper

2, 4-D 的质量浓度/(g/L) Mass concentration of 2,4-D	种子千粒质量/g 1 000-seed mass	发芽率/% Germination ratio	发芽势/% Germination energy
5×10 ⁻³	10.0	99.5	93.5
10×10 ⁻³	10.5	98.5	97.5
15×10 ⁻³	9.5	99.0	96.0
20×10 ⁻³	9.5	100.0	100.0
25×10 ⁻³	10.0	97.5	97.5
CK	11.0	99.5	92.5

试验结果显示,不同质量浓度 2,4-D 处理的种子发芽率均在 97.5% 以上,种子发芽率均超过辣椒种子国家标准($\geq 85\%$)达到优级,各处理与 CK 的种子发芽率没有显著差异。种子发芽势 CK 最低(92.5%),种子发芽势随着 2,4-D 质量浓度的增加有逐渐提高的趋势,说明 2,4-D 处理对种子活力有一定程度的提高效应。

3 讨论

落花落果现象在茄果类蔬菜生产中普遍存在,引起落花落果的主要因素及其生理机制李曙轩^[3]和邹学校^[4]做了详细阐述和揭示。新近的科学研究从细胞水平和更深层次上进一步揭示植物器官(叶、花、果实)脱落的生理机制,植物器官中生长素浓度变化诱导产生乙烯,从而加速离层区细胞衰老及离层区细胞壁水解过程,促进离层形成,引起器官脱落^[5],而使用植物生长调节剂 2,4-D 处理可以有效阻止离层区细胞衰老分解和离层形成,从而防止落花落果发生^[3-5]。在农业生产中,应用 2,4-D 防止茄果类、瓜类蔬菜及果树作物落花、落果、提高产量的研究多见报道^[6-18]。曹惠芳^[8]使用 $10 \times 10^{-3} \sim 20 \times 10^{-3}$ g/L 的 2,4-D 溶液涂抹番茄花梗或实行沾花处理阻止离层形成,有效解决番茄的落花问题,提高番茄产量。中村^[9]用 $30 \times 10^{-3} \sim 50 \times 10^{-3}$ g/L 的 2,4-D 溶液涂抹茄子花器花梗或实行沾花处理,有效防止茄子的落花落果,提高茄子坐果率和产量。胡元善^[10]用 $20 \times 10^{-3} \sim 30 \times 10^{-3}$ g/L 的 2,4-D 溶液涂抹西葫芦果柄或实行沾花处理,解决低温环境和无传粉媒介下的西葫芦化瓜问题,取得明显效果。2,4-D 在辣椒生产中的应用研究亦鲜见报道,使用的质量浓度不同,使用方法不同,其试验结果不尽相同。黄新文^[16]研究使用 2,4-D 溶液喷雾辣椒植株(在辣椒定植后 30~40 d 喷雾)的结果表明,处理后的植株营养生长增强,分枝力增强,茎秆增粗,产量增加,植物学性状比 CK 明显改善。叶自新等^[17]研究使用 2,4-D 溶液浸花处理的试验结果表明,处理后辣椒的坐果率比 CK 提高 12.7%,产量提高 13.8%。王萍^[18]研究用 2,4-D 溶液实施喷花处理的结果表明,处理后坐果率比 CK 提高 11.5%,增产效果不明显。本试验采用涂抹法研究 2,4-D 在辣椒杂交种子生产(制种)中的使用效果,结果表明,2,4-D 涂抹处理后辣椒的坐果率较 CK 显著增高,同时,试验结

果表明,2,4-D 的质量浓度不同,坐果率显著不同。较低质量浓度($5 \times 10^{-3} \sim 20 \times 10^{-3}$ g/L)的 2,4-D 处理坐果率较高,果实发育质量较好,畸形果少;较高质量浓度(25×10^{-3} g/L)的 2,4-D 处理坐果率相对较低,果实发育质量相对较差,畸形果较多。2,4-D 处理适宜的质量浓度是 $5 \times 10^{-3} \sim 20 \times 10^{-3}$ g/L。

在茄果类蔬菜生产中,使用 2,4-D 提高作物坐果率和产量的同时,也往往促进单性结实形成无子果,这对蔬菜生产十分有益,可以提高果菜的商品品质。但是,在茄果类种子生产(制种)中不希望单性结实,如果使用 2,4-D 提高坐果率的同时又促进单性结实,其后果对制种本身十分有害。本试验针对辣椒杂交种子生产中坐果率和结实率低的情况,研究 2,4-D 处理对辣椒杂交制种的影响,结果表明,2,4-D 处理在显著提高辣椒杂交坐果率的同时,果实结实率也有显著提高,单果种子数量和质量比 CK 显著增加,说明 2,4-D 处理有促进辣椒授粉结实的显著效应。2,4-D 处理的质量浓度不同,效应大小也不同,其中 10×10^{-3} g/L 处理的单果种子数量最多,单果种子质量也最高。此结果与李培英等^[20]使用 2,4-D 溶液喷施新疆狗牙根草提高牧草种子的结实率和产量的试验结果基本一致。本试验结果还显示,2,4-D 处理后辣椒的种子发芽势比 CK 有增高的趋势,说明 2,4-D 处理对种子活力有一定的提高效应。本试验结果改变人们对植物生长调节剂 2,4-D 的生物学功能及作用的传统认识,发现 2,4-D 有提高辣椒杂交制种坐果率、结实率和种子活力的效应,这是本试验研究取得的最大收获和意义所在,本试验开创 2,4-D 在茄果类蔬菜种子生产中的应用先例。但 2,4-D 处理提高辣椒杂交坐果率、结实率和种子活力的作用机制还有待进一步研究。

2,4-D 促进植物单性结实可能是长期以来人们在茄果类蔬菜种子生产中没有使用的主要原因。本试验采用涂抹法(涂抹杂交授粉花梗)对辣椒杂交制种中 2,4-D 的功效进行大胆尝试,不但提高杂交坐果率,同时提高种果结实率,对辣椒植株及生长没有产生不良影响,此结果对辣椒杂交制种技术的改进有重大意义。另外,从应用的角度来看,2,4-D 涂抹授粉花梗虽然多一道涂抹工序,但是实际操作中去雄、授粉、标记、涂抹 4 个工序可以一次性完成,这样可大大节省涂抹用工量,同时显著提高坐果率和结实率,提高授粉工效,节

本增效作用明显,有较好的实用价值。

参考文献 Reference:

- [1] 耿三省,陈 斌,张晓芳,等.我国辣椒品种市场需求变化趋势及育种对策[J].中国蔬菜,2015(3):1-5.
GENG S X, CHEN B, ZHANG X F, *et al.* Demand trends of pepper variety in Chinese market and breeding strategies [J]. *China Vegetables*, 2015(3):1-5(in Chinese).
- [2] 邹学校.杂交辣椒的理论与实践[M].北京:中国农业出版社,2009:550-552.
ZOU X X. Theory and Practice of Hybrid Pepper[M]. Beijing:China Agricultural Press,2009:550-552(in Chinese).
- [3] 李曙轩.蔬菜栽培生理[M].上海:上海科学技术出版社,1979:319-324.
LI SH X. Vegetable Cultivation Physiology[M]. Shanghai: Shanghai Scientific and Technological Press,1979:319-324 (in Chinese).
- [4] 邹学校.中国辣椒[M].北京:中国农业出版社,2002:32-33.
ZOU X X. China Pepper[M]. Beijing:China Agriculture Press,2002:32-33(in Chinese).
- [5] 武维华.植物生理学[M].北京:科学出版社,2003:265-278,405-408.
WU W H. Plant Physiology[M]. Beijing: Science Press, 2003:265-278,405-408(in Chinese).
- [6] 张胜利,李佳宁.植物生长调节剂的作用及在蔬菜生产中的应用[J].吉林蔬菜,1995(6):27-29.
ZHANG SH L, LI J N. The effect of plant growth regulator and its application in vegetable production[J]. *Jiling Vegetables*, 1995(6):27-29(in Chinese).
- [7] 程晋美,周宝利.植物生长调节剂在茄果类蔬菜上的应用进展[J].长江蔬菜,2002(5):31-32.
CHENG J M, ZHOU B L. Progress of application of plant growth regulator on solanaceae vegetables[J]. *Changjiang Vegetables*, 2002(5):31-32 (in Chinese with English abstract).
- [8] 曹惠芳.保花激素在番茄生产中的应用[J].西北园艺,2006(5):44-45.
CAO H F. The application of the hormone in tomato production[J]. *Northwest Horticulture*, 2006(5):44-45 (in Chinese).
- [9] 中 村.2,4-D 生长素在茄子上的应用[J].北京蔬菜,1983(2):32.
ZHONG C. The application of 2,4-D in eggplant[J]. *Beijing Vegetables*, 1983(2):32(in Chinese).
- [10] 胡元善.日光温室冬季西葫芦高产栽培技术[J].河南农业科学,1995(9):28-29.
HU Y SH. Solar greenhouse in winter squash high yield cultivation techniques[J]. *Journal of Henan Agricultural Sciences*, 1995(9):28-29(in Chinese).
- [11] 刘珠琴,黄宗兴.植物生长调节剂在果树上的应用[J].宁波农业科技,2008(3):20-24.
LIU ZH Q, HUANG Z X. The application of plant growth regulator in fruit trees[J]. *Ningbo Agricultural Science and Technology*, 2008(3):20-24(in Chinese).
- [12] 魏守兴,谢子四,罗石荣,等.植物生长调节剂在香蕉生产中应用研究进展[J].中国热带农业,2013(5):48-50.
WEI SH X, XIE Z S, LUO SH R, *et al.* Plant growth regulator application research progress in the banana produc-
- tion[J]. *China Tropical Agriculture*, 2013(5):48-50 (in Chinese).
- [13] 张汉城.香蕉喷施植物生长调节剂试验初探[J].福建热作科技,1995,20(3):30-31.
ZHANG H CH. Banana spraying plant growth regulator test [J]. *Fujian Science & Technology of Tropical Crops*, 1995,20(3):30-31(in Chinese).
- [14] 韩宏伟,王建友,张永威.植物生长调节剂对巴旦杏保花保果效应的研究[J].新疆农业科学,2001,38(2):66-68.
HAN H W, WANG J Y, ZHANG Y W. Plant growth regulator to paddan apricot flower and fruit effect research [J]. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 2001,38(2):66-68 (in Chinese).
- [15] 石雪晖,彭显晖,段被成.奈李保花保果效应研究[J].湖南农业科学,1994(5):25-27.
SHI X H, PENG J H, DUAN B CH. Nai-plum flower and fruit effect research [J]. *Hunan Agricultural Sciences*, 1994(5):25-27(in Chinese).
- [16] 黄新文.2,4-D 在辣椒生产上的应用效果[J].贵州农业科学,2004,32(3):65.
HUANG X W. Effects of increasing yield on hot pepper by using 2,4-D [J]. *Guizhou Agricultural Sciences*, 2004,32(3):65(in Chinese).
- [17] 叶自新,应振土,徐建涛.几种植物生长调节剂对防止辣椒落花及其增产效应的研究[J].园艺学报,1983(4):281-284.
YE Z X, YING ZH T, XU J T. Effect of several plant growth regulators on control of flower drop and increase of yield in pepper[J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 1983(4):281-284(in Chinese).
- [18] 王 萍.植物生长调节剂防止温室辣椒落花及其增产效应[J].农业工程技术(温室园艺),2007(4):32-33.
WANG P. Plant growth regulator to prevent greenhouse pepper fallen petal and its effect to increase production[J]. *Agricultural Engineering Technology (Greenhouse Horticulture)*, 2007(4):32-33(in Chinese).
- [19] 徐 荣,陈 君,陈士林.植物生长调节剂在种子生产中的应用[J].中国种业,2008(12):17-19.
XU R, CHEN J, CHEN SH L. Plant growth regulator application in seed production[J]. *China Seed Industry*, 2008(12):17-19(in Chinese).
- [20] 李培英,阿不来提,石定燧,等.植物生长调节剂对新疆狗牙根种子生产性能的影响[J].中国草地,2002,24(2):39-42.
LI P Y, ABULAITI, SHI D S, *et al.* Effects of plant growth regulators on seed yield in Xinjiang Bermudagrass [J]. *Grassland of China*, 2002,24(2):39-42 (in Chinese with English abstract).
- [21] 周玉香,邵生荣,姚爱兴,等.植物生长调节剂对草地早熟禾种子生产性能的影响[J].草业科学,2000(3):18-21.
ZHOU Y X, SHAO SH R, YAO A X, *et al.* Effects of plant growth regulators on seed yield in *Poa pretensis* [J]. *Pratacultural Science*, 2000(3):18-21 (in Chinese with English abstract).
- [22] HEBBLETHWAITE P D. A review of the chemical control of growth, development and yield in *Lolium perenne* grown for seed [J]. *Journal of Applied Seed Production*, 1987(5):54-59.

[23] HEBBLETHWAITE P D,HAMPTON J G,BATTS G R,
et al. The effect of time of application of the growth retard-
ent Flurprimidol (EL500)on seed yield and yield compo-
nents in *Lolium perenne* L. [J]. *Journal of Applied Seed*
Production,1985(3):15-18.

[24] 冯仕喜,文云书. 水稻施用生长调节剂对产量和结实率的
影响[J]. 耕作与栽培,2006(4):29,50.
FENG SH X,WEN Y SH. The influence of growth regula-
tors on rice yield and seed setting rate[J]. *Tillage and*
Cultivation,2006(4):29,50(in Chinese).

[25] 马华升. 四种植物生长调节剂在杂交水稻制繁种上的应用
[D]. 杭州:浙江大学,2004.
MA H SH. Application of four plant growth regulators in
hybrid rice(*Oryza sativa* L.)seed production and multipli-
cation[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2004 (in Chi-
nese with English abstract).

[26] 陈卫国,赵保全,张国和,等. 辣椒新品种‘甘科 5 号’的选
育[J]. 中国蔬菜,2011(18):95-98.

CHEN W G,ZHAO B Q,ZHANG G H,*et al.* Breeding of
hot pepper varieties ‘Ganke No. 5’ [J]. *ChinaVegetables*,
2011(18):95-98(in Chinese with English abstract).

[27] 陈卫国,刘克禄,田 斌,等. 不同育苗方式对辣椒杂交制
种产量及质量的影响[J]. 长江蔬菜,2015(12):20-22.
CHEN W G,LIU K L,TIAN B,*et al.* Effects of different
seedling-raising methods on yield and quality of pepper hy-
brid seed production[J]. *Journal of Changjiang Vegeta-*
bles,2015(12):20-22(in Chinese with English abstract).

[28] 国家质量监督检验检疫总局. 农作物种子检验规程 发芽
试验 GB/T 3543. 4-1995[S]. 北京:中国标准出版社,
1995:1-20.
General Administration of Quality Supervision, Inspection
and Quarantine of the People’s Republic of China(AQ-
SIQ). Rules for agricultural seed testing-Germination test.
GB/T 3543. 4-1995[S]. Beijing:Standards Press of China,
1995:1-20(in Chinese).

Effects of 2, 4-D Treatment on Seed Yield and Quality of Hybrid Seed Production in Chili Pepper

CHEN Weiguo¹, LIU Kelu¹ and CHEN Chen²

(1. Gansu Provincial Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, China;
2. Institute of Biotechnology, Gansu Provincial Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, China)

Abstract With chili pepper hybrid ‘Ganke 5’ parents and 4th—5th layer of flowers as materials in seed production, artificial hybridization was conducted to pollinate flowers. With water treatment as control (CK), 5 different mass concentrations of 2, 4-D solution was used to daub the pedicel, 3 repetitions of 100 flowers in each treatment were done. Fruit-setting rate, seed number per fruit, seed yield per fruit, 1 000-seed mass, germination rate and germinative force of seed were measured. The results showed that the fruit-setting rates of all the 2, 4-D treatments were higher than that of CK, and average seed number and seed yield per fruit of the 2, 4-D treatments were also significantly higher than those of CK, the 20×10^{-3} g/L mass concentration had the highest fruit-setting rate among all the treatments, the 10×10^{-3} g/L mass concentration had the most seed number per fruit, and the highest seed yield per fruit, nearly 5. 8 times higher than those of CK. 2, 4-D treatment had little effect on 1 000-seed mass and germination rate of seed. Treating pollinated flowers with 2, 4-D solution of 5×10^{-3} — 20×10^{-3} g/L mass concentration could significantly improve the fruit-setting rate, seed number per fruit and seed yield per fruit of chili pepper hybridization pollination had no significant effect on indexes of seed quality.

Key words 2, 4-D treatment; Chili pepper; Hybrid; Seed production

Received 2016-05-12 **Returned** 2016-08-02

Foundation item Projec for Transfer of Science and Technology Achievements in Agricultural in Gan-
su Province (No. 1305NCNA125); Special Fund for Technological Innovation of Gansu Provincial
Academy of Agricultural Sciences (No. 2013GAAS11).

First author CHEN Weiguo, male, associate research fellow. Research area: pepper breeding, cultiva-
tion and seed breeding. E-mail: chenweiguo2092@sina. com