

水肥密度耦合效应对膜下滴灌芝麻农艺性状和产量的影响

张 祎, 汪 强, 张银萍, 赵 莉, 林勇翔
(安徽省农业科学院作物研究所, 安徽 合肥 230031)

摘要: 以芝麻品种豫芝 DW607 为指示品种, 研究了机械种植膜下滴灌条件下最佳灌水量、氮磷钾施肥量及种植密度三因素耦合效应对豫芝 DW607 农艺性状和产量的影响。结果表明, 种植密度为 27 万株/hm², 每次灌水 2.5 h, 滴灌量为 177.89 m³/(hm²·h), 施 N 182.325 kg/hm²、P₂O₅ 77.074 kg/hm²、K₂O 30.399 kg/hm² 时, 豫芝 DW607 的平均折合产量最高, 为 2 621.79 kg/hm²。

关键词: 芝麻; 豫芝 DW607; 膜下滴灌; 密度; 灌水量; 施肥量; 耦合效应; 产量

中图分类号: S565.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2020)01-0037-04

[doi:10.3969/j.issn.1001-1463.2020.01.009](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1463.2020.01.009)

Effects of Water, Fertilizer and Density Coupling on Agronomic Characters and Yield of Sesame under Film Drip Irrigation

ZHANG Yi, WANG Qiang, ZHANG Yinping, ZHAO Li, LIN Yongxiang
(Institute of Crops, Anhui Academy of Agricultural Sciences, Hefei Anhui 230031, China)

Abstract: With sesame cultivar Yuzhi DW607 as the indicator variety, the effects of coupling effects of optimal irrigation amount, N, P, K fertilizer application amount and planting density suitable for mechanical planting and drip irrigation under film on the agronomic characters and yield of Yuzhi DW607 were studied. The results showed that the average equivalent yield of yuzhi DW607 was the highest, 2 621.79 kg/hm² when the planting density was 270 000 plants/hm², each irrigation for 2.5 hours, the drip irrigation volume was 177.89 m³/(hm²·h), N 182.325 kg/hm², P₂O₅ 77.074 kg/hm², and K₂O 30.399 kg/hm² were applied.

Key words: Sesame; Yuzhi DW607; Drip irrigation under film; Density; Irrigation water rate; Fertilizer rate; Water and fertilizer coupling; Yield

中国是世界芝麻四大主产国之一^[1-3], 芝麻是中国重要的优质油料作物。芝麻含油量高达 56%左右, 且富含不饱和脂肪酸, 营养全面, 含有大量有益人体健康的蛋白质、氨基酸、维生素、微量元素、抗氧化剂芝麻酚和抗癌物等, 具有较高的营养保健功效和商品价值^[4]。中国全年食用和加工芝麻总需

求量在 130 万 t, 而芝麻年生产量仅有 65 万~70 万 t, 几乎一半依靠进口。当前多地科技人员从研究芝麻高产高效的栽培技术入手, 以提高单产从而增加芝麻总产, 以期稳定我国芝麻生产, 推动芝麻产业发展^[5-12]。芝麻传统种植在间苗、中耕、收割等环节耗费大量劳力成本, 这也是制约芝麻生产发展

收稿日期: 2019-04-26; 修订日期: 2019-11-06

基金项目: 国家特色油料产业技术体系芝麻机械化科学家岗位专项(CARS14-1-26)。

作者简介: 张 祎 (1965—), 男, 安徽合肥人, 助理研究员, 研究方向为芝麻机械化种植。Email: zhang.yi65@163.com。

通信作者: 汪 强 (1963—), 男, 安徽芜湖人, 研究员, 研究方向为芝麻育种与栽培。Email: W'q161@aliyun.com。

的因素之一。农业的根本出路在于机械化。相对别的作物,芝麻机械化生产技术研究起步晚,成熟度不高,应用不够广泛。我们就机械种植膜下滴灌条件下,对芝麻节本增效栽培开展相关试验,探讨滴灌条件下水、肥、密度耦合效应对芝麻农艺性状和产量的影响,以期生产提供参考。

1 材料和方法

1.1 供试材料

指示芝麻品种为豫芝 DW607,由河南省农业科学院芝麻研究中心选育并提供。供试肥料为尿素(含 N 46%,由新疆心连心能源化工有限公司生产)、滴灌型磷酸二铵(含 N 18%、 P_2O_5 46%,由云南祥丰金麦化工有限公司生产)、氯化钾(含 K_2O 60%,由中农集团控股股份有限公司生产)。

1.2 试验地概况

试验地位于新疆维吾尔自治区精河县托里镇乌兰旦达盖村,地处准葛尔盆地西南边缘,地理位置东经 $81^{\circ} 46' \sim 83^{\circ} 51'$,北纬 $44^{\circ} 02' \sim 45^{\circ} 10'$ 。当地平均海拔 227 m,年均降水量 102 mm,光温资源丰富,昼夜温差 $15^{\circ}C$,年日照时间达 2 700 h。1 月份平均温度 $-15^{\circ}C$,7 月份平均气温 $26^{\circ}C$ 。试验地土壤为沙石土,肥力中等均匀,适宜机械作业。

1.3 试验方法

针对当地膜下滴灌及机械栽培条件,进行滴灌、肥(氮磷钾施量)、密度三因素互作设计。其中种植密度设 2 种处理,分别为 M_1 (27 万株/hm²)、 M_2 (36 万株/hm²);灌水量设 3 种处理,分别为 W_1 (滴灌 2.0 h/次)、 W_2 (滴灌 2.5 h/次)、 W_3 (滴灌 3.0 h/次),滴灌量为 $177.89 m^3/(hm^2 \cdot h)$;施肥量设 3 种处理,分别为 F_1 (施肥量为 N 150.150 kg/hm²、 P_2O_5 63.472 kg/hm²、 K_2O 25.035 kg/hm²)、 F_2 (施肥量为 N 182.325 kg/hm²、 P_2O_5 77.074 kg/hm²、 K_2O 30.399 kg/hm²)、 F_3 (施肥量为 N 214.500

kg/hm²、 P_2O_5 90.675 kg/hm²、 K_2O 35.764 kg/hm²),共 18 个处理组合。小区面积为 $15.6 m^2(10.00 m \times 1.56 m)$,每小区 2 垄,每垄种植 2 行,共计 4 行。试验采取宽窄行覆膜种植,宽行 63 cm,窄行 15 cm。4 月 28 日采用宽窄行机械播种,5 月 9 日进行第 1 次滴灌,5 月 15 日出苗,5 月 28 日间苗,6 月 17 日定苗。机械中耕除草 1 次,生育期共灌水 18 次(其中苗期 5 次、花期 10 次、成熟期 3 次),其中 6 次随水施肥。9 月 7 日收获。

2 结果与分析

2.1 不同处理对主要农艺性状的影响

从表 1 可以看出,株高以处理 $M_1W_3F_1$ 最高,为 129.1 cm;以处理 $M_1W_1F_2$ 最矮,为 105.0 cm,其他各处理株高为 110.9 ~ 126.5 cm。各处理株高虽有差异,但差异不明显。单株蒴果数以处理 $M_2W_1F_3$ 最少,为 50.2 个;处理 $M_1W_2F_1$ 最多,为 83.5 个;其他各处理单株蒴果数为 50.4 ~ 82.6 个。种植密度为 36 万株/hm² 时平均单株蒴果数为 60.9 个,种植密度为 27 万株/hm² 时平均单株蒴果数为 70.8 个,从而可以看出,随着种植密度的增加,单株蒴果数在减少。每蒴平均粒数以处理 $M_1W_3F_2$ 最多,为 60.0 粒;处理 $M_2W_3F_3$ 最少,为 36.0 粒。种植密度为 27 万株/hm² 时,每蒴平均粒数为 52.4 粒;种植密度株为 36 万株/hm² 时,每蒴平均粒数为 42.6 粒。可见随着种植密度的增加,每蒴平均粒数也在减少。千粒重以处理 $M_1W_1F_2$ 最高,为 3.44 g;处理 $M_2W_3F_1$ 最低,为 3.08 g;其余各处理的千粒重为 3.16 ~ 3.42 g。在 2 个密度及不同水、肥施量下,千粒重差异不大。

2.2 不同处理对产量的影响

从表 2 可以看出,各处理平均折合产量为 $1\ 788.46 \sim 2\ 621.79 kg/hm^2$,极差为 833.33 kg/hm²,平均 $2\ 178.06 kg/hm^2$ 。其中以处理

表 1 不同处理芝麻的主要农艺性状

处理	株高 /cm	始蒴部位 /cm	空稍尖长 /cm	主茎果轴长 /cm	单株蒴果数 /个	每蒴平均粒数 /粒	千粒重 /g	单株产量 /g
M ₁ W ₁ F ₁	114.4	27.3	5.1	82.4	62.6	54.7	3.32	9.23
M ₁ W ₁ F ₂	105.0	26.6	4.5	73.9	67.9	44.3	3.44	9.68
M ₁ W ₁ F ₃	110.9	30.8	6.1	73.9	70.4	47.3	3.42	9.71
M ₁ W ₂ F ₁	118.1	33.0	6.0	79.1	83.5	46.4	3.27	11.40
M ₁ W ₂ F ₂	123.8	33.4	8.1	82.3	78.8	55.6	3.17	12.50
M ₁ W ₂ F ₃	126.5	33.6	7.4	85.5	79.8	55.4	3.22	12.01
M ₁ W ₃ F ₁	129.1	27.7	9.0	91.8	70.2	49.8	3.18	10.50
M ₁ W ₃ F ₂	120.2	28.1	8.3	83.9	68.7	60.0	3.30	11.24
M ₁ W ₃ F ₃	122.6	31.7	8.0	83.0	55.5	58.1	3.16	11.00
M ₂ W ₁ F ₁	125.8	30.4	7.2	87.9	58.7	40.2	3.26	6.00
M ₂ W ₁ F ₂	123.3	33.5	4.4	85.5	50.4	42.1	3.18	6.28
M ₂ W ₁ F ₃	120.5	28.6	6.6	85.2	50.2	49.9	3.42	6.10
M ₂ W ₂ F ₁	114.4	28.7	5.4	80.0	61.9	37.9	3.29	6.78
M ₂ W ₂ F ₂	117.3	31.8	6.0	79.9	55.3	40.0	3.21	7.15
M ₂ W ₂ F ₃	122.4	28.3	7.6	85.8	57.5	41.6	3.23	7.39
M ₂ W ₃ F ₁	124.2	33.8	6.1	84.7	62.3	45.2	3.08	7.81
M ₂ W ₃ F ₂	124.8	30.7	6.0	88.1	68.8	50.7	3.21	8.28
M ₂ W ₃ F ₃	120.1	31.2	6.5	82.6	82.6	36.0	3.21	8.60

M₁W₂F₂ 平均折合产量最高, 为 2 621.79 kg/hm²; 处理 M₁W₂F₃ 次之, 为 2 570.51 kg/hm²; 处理 M₁W₂F₁ 平均折合产量居第 3 位, 为 2 493.59 kg/hm²; 处理 M₁W₃F₂ 平均折合产量居第 4 位, 为 2 487.18 kg/hm²; 处理 M₁W₃F₃ 平均折合产量居第 5 位, 为 2 371.79 kg/hm²; 处理 M₁W₃F₁ 平均折合产量居第 6 位, 为 2 320.51 kg/hm²。其余处理平均折合

产量为 1 788.46 ~ 2 262.82 kg/hm²。对平均折合产量进行方差分析表明, 除处理 M₁W₂F₁ 与处理 M₁W₃F₂ 差异不显著外, 其余各处理间差异均达极显著水平。

对 18 个处理的产量数据进行多重比较, 密度为 27 万株 /hm² 时, 平均折合产量为 2 388.89 kg/hm²; 种植密度为 36 万株 /hm² 时, 平均折合产量为 1 967.24 kg/hm²。二者间差异达极显著水平(表 3), 说明芝麻品种豫芝 DW607 适宜种植密度应为 30 万株 /hm² 左右。每次灌水 2.0 h 时, 平均折合产量为 2 020.30 kg/hm², 与每次灌水 2.5 h(平均折合产量为 2 255.34 kg/hm²)、3.0 h(平均折合产量为 2 258.55 kg/hm²) 间差异均达极显著水平; 每次灌水 2.5 h 与每次灌水 3.0 h 的平均折合产量基本持平, 二者间无明显差异(表 4)。说明每次灌水 2.5 h 为最好水平, 而每次灌水 3.0 h, 不但增产不明显, 而且浪费了水资源。3 种施肥水平下平均折合产量差异不显著, 分别为 2 116.45、2 214.75、2 202.99 kg/hm² (表 5), 说明水分渗透性强, 保肥性差, 应少施勤施, 以达到充分利用肥效的目的。从以上分析可以看出, 试验因素互作效

表 2 膜下滴灌条件水氮和密度耦合效应对芝麻产量的影响

处理	小区平均产量 /(kg/15.6 m ²)	平均折合产量 /(kg/hm ²)	产量 位次
M ₁ W ₁ F ₁	3.36	2 153.85 iI	10
M ₁ W ₁ F ₂	3.46	2 217.95 gG	8
M ₁ W ₁ F ₃	3.53	2 262.82 fF	7
M ₁ W ₂ F ₁	3.89	2 493.59 cC	3
M ₁ W ₂ F ₂	4.09	2 621.79 aA	1
M ₁ W ₂ F ₃	4.01	2 570.51 bB	2
M ₁ W ₃ F ₁	3.62	2 320.51 eE	6
M ₁ W ₃ F ₂	3.88	2 487.18 cC	4
M ₁ W ₃ F ₃	3.70	2 371.79 dD	5
M ₂ W ₁ F ₁	2.79	1 788.46 qQ	18
M ₂ W ₁ F ₂	2.91	1 865.39 oO	16
M ₂ W ₁ F ₃	2.86	1 833.33 pP	17
M ₂ W ₂ F ₁	2.94	1 884.62 nN	15
M ₂ W ₂ F ₂	3.06	1 961.54 mM	14
M ₂ W ₂ F ₃	3.12	2 000.00 lL	13
M ₂ W ₃ F ₁	3.21	2 057.69 kK	12
M ₂ W ₃ F ₂	3.33	2 134.62 jJ	11
M ₂ W ₃ F ₃	3.40	2 179.49 hH	9

应以 $M_1W_2F_2$ 处理[即种植密度为 27 万株 / hm^2 , 每次灌水 2.5 h, 滴灌量为 $177.89 m^3/(hm^2 \cdot h)$, 施 N $182.325 kg/hm^2$ 、 P_2O_5 $77.074 kg/hm^2$ 、 K_2O $30.399 kg/hm^2$]的平均折合产量最高, 为 $2 621.79 kg/hm^2$ 。

表3 种植密度处理的差异显著性检测(LSD法)

处理 (种植密度M)	平均折合产量 /(kg/hm^2)	5%显著 水平	1%极显著 水平
M_1	2 388.89	a	A
M_2	1 967.24	b	B

表4 灌水量处理的差异显著性检测(LSD法)

处理 (灌水量W)	平均折合产量 /(kg/hm^2)	5%显著 水平	1%极显著 水平
W_1	2 020.30	b	B
W_2	2 255.34	a	A
W_3	2 258.55	a	A

表5 施肥量处理的差异显著性检测(LSD法)

处理 (施肥量F)	平均折合产量 (kg/hm^2)	5%显著 水平	1%极显著 水平
F_1	2 116.45	a	A
F_2	2 214.75	a	A
F_3	2 202.99	a	A

3 小结与讨论

试验表明, 在种植密度为 27 万株 / hm^2 , 每次灌水 2.5 h, 滴灌量为 $177.89 m^3/(hm^2 \cdot h)$, 施 N $182.325 kg/hm^2$ 、 P_2O_5 $77.074 kg/hm^2$ 、 K_2O $30.399 kg/hm^2$ 时, 豫芝 DW607 的平均折合产量最高, 为 $2 621.79 kg/hm^2$ 。种植密度为 27 万株 / hm^2 时, 平均折合产量为 $2 388.89 kg/hm^2$; 种植密度为 36 万株 / hm^2 时, 平均折合产量为 $1 967.24 kg/hm^2$; 适宜种植密度为 30 万株 / hm^2 左右, 生产上不能盲目增加种植密度, 若超过 30 万株 / hm^2 时产量则会下降。在滴灌量为 $177.89 m^3/(hm^2 \cdot h)$ 时, 每次滴灌 2.5 h 和 3.0 h 都能获得高产, 平均折合产量分别为 $2 255.34$ 、 $2 258.55 kg/hm^2$, 两者差异不大。但每次灌水减少 0.5 h, 则全生育期 18 次灌水共节省灌水 9.0 h。按滴灌量为 $177.89 m^3/(hm^2 \cdot h)$ 计算, 共计减少灌水 $1 601.01 m^3$, 节水意义重大。施肥量为施 N

$182.325 kg/hm^2$ 、 P_2O_5 $77.074 kg/hm^2$ 、 K_2O $30.399 kg/hm^2$ 时, 平均折合产量最高, 为 $2 214.75 kg/hm^2$, 分别较其余 2 个施肥水平分别增产 98.30、11.76 kg/hm^2 , 该施肥水平不仅可以获得高产, 而且又能降低生产成本, 达到节本增效的目的。

参考文献:

- [1] 汪 强. 芝麻科学栽培[M]. 合肥: 安徽科学技术出版社, 2010.
- [2] 王若鹏, 任果香, 韩俊梅, 等. 4 种肥料对芝麻干物质及产量的影响[J]. 甘肃农业科技, 2019(5): 35-39.
- [3] 刘文萍, 吕 伟, 任果香, 等. 西北地区芝麻异交率研究[J]. 甘肃农业科技, 2015(10): 27-30.
- [4] 桑利民, 徐 婧, 赵晓清, 等. 地膜覆盖对不同芝麻品种农艺性状及产量构成因素的影响[J]. 作物杂志, 2017(6): 140-146.
- [5] 颜小文, 乐美旺, 饶月亮, 等. 播种期对芝麻生育期及产量性状的影响[J]. 作物研究, 2011, 25(1): 22-25.
- [6] 徐桂真, 张京慧, 和剑涵. 恢复和发展河北省芝麻生产的对策[J]. 河北农业科学, 2010, 14(6): 109-110; 154.
- [7] 赵 莉, 汪 强, 林勇翔, 等. 江淮黄褐土壤芝麻肥效研究[J]. 作物杂志, 2017(6): 154-159.
- [8] 王宏豪, 魏德永, 杨廷勤. 南阳市宛东地区芝麻高产高效简化综合栽培技术[J]. 农业科技通讯, 2014(11): 161-163.
- [9] 张 祎, 汪 强, 赵 莉, 等. 芝麻栽培中灾害防御措施[J]. 现代农业科技, 2017(12): 53-54.
- [10] 郭 丽, 王殿奎, 王明泽, 等. 东北干旱盐碱地区芝麻高产栽培技术[J]. 黑龙江农业科学, 2010(4): 28-29.
- [11] 赵 莉, 汪 强, 徐桂珍. 江淮地区芝麻种植现状低产原因及高产栽培技术[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(23): 12397-12399.
- [12] 张 祎, 汪 强, 赵 莉, 等. 芝麻膜下滴灌适宜机械化种植参数的研究[J]. 热带农业科学, 2018(9): 35-39.

(本文责编: 郑立龙)