

# 复合施肥模式对一年三茬娃娃菜产量及耕地质量的影响

李文伟<sup>1</sup>, 毛涛<sup>1</sup>, 王勤礼<sup>2</sup>, 闫芳<sup>2</sup>, 赵蕊<sup>1</sup>, 付忠卫<sup>1</sup>

(1. 张掖市耕地质量建设管理站 甘肃张掖 734000; 2. 河西学院 甘肃张掖 734000)

**摘要:**为优化张掖市娃娃菜栽培技术,提高娃娃菜栽培效益,减少农业面源污染,改善耕地质量,张掖市耕地质量建设管理站于2019—2020年在张掖市临泽县以“土壤调理剂+生物有机肥料+尾菜堆沤还田”优化施肥模式进行了露地一年三茬娃娃菜优化施肥技术试验研究及示范推广。结果表明,按照“土壤调理剂+生物有机肥料+尾菜堆沤还田”施肥模式一年三茬娃娃菜施肥较常规施肥三茬平均增产7 228.7 kg·hm<sup>-2</sup>,增产率达7.2%;较常规施肥总增产值17 568.4元·hm<sup>-2</sup>,总增效15 822.4元·hm<sup>-2</sup>;该模式试验前后有机质、全氮、速效钾等土壤养分含量明显提高,耕作层土壤容重减少0.05~0.06 g·cm<sup>-3</sup>,孔隙度增加了1.39%~1.48%,耕地质量得到改善。该模式可以在张掖市甘州区、临泽县、高台县露地推广。

**关键词:**娃娃菜;生物有机肥;土壤调理剂;尾菜堆沤还田;耕地质量

中图分类号:S634.1

文献标志码:A

文章编号:1673-2871(2022)03-059-05

## Effects of a new fertilization model on yield of mini-Chinese cabbage with three crops a year and tillage soil quality

LI Wenwei<sup>1</sup>, MAO Tao<sup>1</sup>, WANG Qinli<sup>2</sup>, YAN Fang<sup>2</sup>, ZHAO Rui<sup>1</sup>, FU Zhongwei<sup>1</sup>

(1. Zhangye Cultivated Land Quality Construction Management Station, Zhangye 734000, Gansu, China; 2. Hexi University, Zhangye 734000, Gansu, China)

**Abstract:** A new fertilization model, soil conditioner + biological organic fertilizer + crop residue, was tested for its effect on production profit, soil pollution reduction, soil quality improvement compared to the conventional fertilization in open field mini-Chinese cabbage production with 3 crops a year. The results showed that with the new fertilization model the average yield of mini-Chinese cabbage increased by 7 228.7 kg·hm<sup>-2</sup> or 7.2% for each of the three crops compared with conventional fertilization. The total revenue for all three crops increased RMB 17 568.4·hm<sup>-2</sup> and the profit was RMB 15 822.4·hm<sup>-2</sup> for the new fertilization model. Soil organic matter, total nitrogen and available potassium were significantly increased after utilization of the new fertilization model. The density of tillage soil decreased by 0.05-0.06 g·cm<sup>-3</sup>, porosity increased by 1.39%-1.48%, indicating significantly improved soil quality with the new fertilization model. This new fertilization model can be used in Ganzhou District, Linze County and Gaotai County and Zhangye City for mini-Chinese cabbage production.

**Key words:** Baby cabbage; Organic fertilizer; Soil conditioner; Compost of tail vegetables; Organic fertilizer

娃娃菜是一种小型的结球白菜,属十字花科,其口感鲜甜脆嫩、富含多种矿物质和膳食纤维,是一种营养健康的蔬菜,可食率高,颇受市场欢迎。目前,娃娃菜已成为张掖市高原夏菜的主要菜种之一,2020年全市面积达到8000 hm<sup>2</sup>,主要种植在甘

州、临泽、高台等地<sup>[1]</sup>。

甘州、临泽县局部区域土壤普遍盐碱化,对娃娃菜生长发育不利,尤其易发生干烧心病害,还存在茬口安排不合理、品种单一、盲目大肥大水、病虫害严重等问题,导致娃娃菜产量、品质下降<sup>[2-3]</sup>。娃

收稿日期:2020-07-11;修回日期:2020-10-15

基金项目:张掖市耕地质量提升与化肥减量增效技术集成研究与示范推广项目;张掖市(黑河流域)山水林田湖生态保护修复工程有机肥替代化肥示范推广奖补项目;陇原青年创新创业人才团队项目(2021LQTD23);甘肃省科技计划资助项目(20CX9NG239)

作者简介:李文伟,男,农艺师,主要从事耕地质量提升及土肥技术研究与推广工作。E-mail:37049671@qq.com

娃娃菜除必要的底肥外,还需增施生物有机肥、土壤调理剂等生物菌肥,追肥需要适度控制氮素用量。娃娃菜因净菜采收后,田间遗留大量尾菜,无害化处理不到位,腐烂变质后,蝇蚊滋生,臭气熏天,既浪费资源又严重污染环境<sup>[4-5]</sup>。目前已有河西地区娃娃菜一年两熟、兰州市红古区娃娃菜一年三熟、张掖市钢架大棚一年三熟高效栽培技术研究。这表明一年2~3茬的娃娃菜高效种植技术可以示范推广,但多茬连作对土壤要求和产生的大量尾菜处理并没有详细研究<sup>[6-8]</sup>。为优化张掖市露地一年三茬娃娃菜栽培技术,提高娃娃菜栽培效益,减少农业面源污染,提升耕地质量、尾菜处理水平提供科学依据,笔者根据前人研究选择春宝皇等娃娃菜品种<sup>[9-10]</sup>在2019—2020年开展一年三茬娃娃菜“土壤调理剂+生物有机肥料+尾菜堆沤还田”优化施肥模式技术研究和示范推广。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验地概况

试验区位于临泽县鸭暖镇五泉村,前茬作物为小麦。供试土壤为灰棕漠土,示范地平坦,灌溉便利。试验前土壤(0~20 cm)养分测定值为:pH8.8、有机质含量(w,后同)7.99 g·kg<sup>-1</sup>、全氮含量0.53 g·kg<sup>-1</sup>、碱解氮含量56 mg·kg<sup>-1</sup>、有效磷含量21.5 mg·kg<sup>-1</sup>、速效钾含量73.7 mg·kg<sup>-1</sup>。

### 1.2 材料

春茬娃娃菜品种:春宝皇,由北京中农绿亨种子科技有限公司生产;夏茬娃娃菜品种:介实春贝黄,由甘肃省兰州农产品有限公司生产;秋茬娃娃菜品种:华耐春玉黄,由北京华耐农业有限公司生产)。

肥料:磷二铵(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>含量42%,N含量15%)由湖北大峪口化工有限责任公司生产,尿素(N含量≥46.0%)由甘肃刘化(集团)生产,复合肥(16-8-21)由甘肃刘化(集团)生产,生物有机肥(有效活菌数≥0.2亿·g<sup>-1</sup>,有机质含量≥40%,pH值5.5~8.5,水分含量≤30%)由甘肃丝路盛丰生物科技集团有限公司生产、土壤调理剂(有机质质量浓度≥200 g·L<sup>-1</sup>,氨基酸质量浓度≥110 g·L<sup>-1</sup>,pH 2.5~4.5,水不溶物≤10 g·L<sup>-1</sup>)由临泽县鼎丰源凹土高新科技开发有限公司生产、RW菌种尾菜腐熟剂由甘肃绿能瑞奇生物科技技术有限公司生产。

### 1.3 试验设计与方法

娃娃菜一年三茬肥料对比试验于2019年3月

开始,2个处理,3次重复,随机区组排列,试验面积1333 m<sup>2</sup>,每个小区面积222.2 m<sup>2</sup>。3月6日育苗,4月1日施基肥+土壤调理剂、起垄覆膜,4月5日定植第一茬;第一茬收获后,6月12日施基肥+生物有机肥定植第二茬;第二茬收获后,8月20日施基肥+尾菜堆沤还田定植第三茬;三茬均采用单垄双行种植,垄宽70 cm,沟宽20 cm,株距20 cm,667 m<sup>2</sup>保苗6000株。试验设计及处理参考华军等<sup>[11]</sup>、唐仕华<sup>[12]</sup>的方法,各试验除肥料严格按照试验设计执行外,其他管理措施均保持一致。

处理1:常规施肥(CK,21.3-9.3-6.3),基施复合肥(16-8-21)450 kg·hm<sup>-2</sup>,磷二铵225 kg·hm<sup>-2</sup>;于娃娃菜莲座期和结球期分别随水追施尿素225 kg·hm<sup>-2</sup>(此施肥量为—茬施肥量,三茬施肥量均相同)。

处理2:“土壤调理剂+生物有机肥料+尾菜堆沤还田”模式。娃娃菜第一茬:基施常规施肥+土壤调理剂30 L·hm<sup>-2</sup>;第二茬:基施常规施肥+生物有机肥1500 kg·hm<sup>-2</sup>;第三茬:基施常规施肥+尾菜堆沤还田8000 kg·hm<sup>-2</sup>。第一茬娃娃菜收获后将尾菜剁碎,为10 cm左右的片(段)后,使用RW菌种尾菜腐熟剂(1.5 L·1000 kg<sup>-1</sup>)集中在深0.8~1.0 m的方形土坑,塑料膜铺于地面堆沤发酵45 d,待完全腐熟后施用。

### 1.4 项目指标测定及方法

娃娃菜生物性状测定:3茬采收期分别在各处理每个小区选取5个1 m<sup>2</sup>地块作为一个样方单元进行多点取样实收,带回实验室进行植株性状考察。株高采用米尺测量植株根基部至顶部;株幅采用钢卷尺测量展开度;球茎采用游标卡尺测量植株腹部直径;质量采用电子天平称量。

土壤养分测定:种植前及收获后在各小区采用土钻按“S”形采集0~20 cm土样进行采集分析,土壤pH值采用pH计测定;有机质采用重铬酸钾外加热法测定,碱解氮采用碱解扩散法测定,有效磷采用碳酸氢钠提取-钼锑抗比色法测定,速效钾采用乙酸铵浸提-火焰光度计法测定。

土壤物料性质测定:收获后在各小区采用土钻按“S”形采集0~20 cm、>20~50 cm深度土壤进行采集分析,容重采用环刀法测定,土壤团粒结构采用干筛法测定,土壤孔隙度/%=(1-容重/比重)×100计算。

产量测定:各茬随机选取5个区域(5 m×8 m),以垄为主区域,面积40 m<sup>2</sup>,测定产量。

产值=产量×产品单价;

效益=产值-化肥投入。

### 1.5 数据统计与分析

试验数据采用 Excel 2010 软件处理,用 SPSS17.0 进行数据 *T* 检验分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同处理对娃娃菜生育期的影响

表 1 一年三茬娃娃菜生育期记录

茬口数	处理	育苗期	定植期	莲座期	结球期	成熟期	生育期/d
1	1(CK)	3月6日	4月5日	4月25日	5月15日	6月5日	60
	2	3月6日	4月5日	4月25日	5月14日	6月4日	59
2	1(CK)	5月8日	6月12日	7月18日	8月3日	8月15日	63
	2	5月8日	6月12日	7月15日	8月1日	8月13日	61
3	1(CK)	7月12日	8月20日	9月22日	10月5日	10月22日	64
	2	7月12日	8月20日	9月18日	10月2日	10月19日	61

由表 1 可知,1 茬娃娃菜处理 2 均较处理 1 结球期和成熟期提前 1 d,2 茬娃娃菜处理 2 较处理 1 莲座期、结球期、成熟期、生育期提前 2~3 d,3 茬娃娃菜处理 2 较处理 1 莲座期、结球期、成熟期、生育期提前 3~4 d。由此可见,通过增施土壤调理剂、生物有机肥、尾菜还田可以缩短娃娃菜生育期,为提前上市赢得时间。

### 2.2 不同处理对娃娃菜主要农艺性状的影响

从表 2 可以看出,3 茬娃娃菜的各项农艺性状指标均表现为处理 2 显著高于处理 1。与处理 1 的 3 茬平均值相比,处理 2 株高平均为 20.10 cm,比处理 1(CK)平均增加 1.70 cm;株幅处理 2 平均为 18.4~19.6 cm,显著高于处理 1;球茎处理 2 平均为 9.90 cm,较处理 1(CK)平均增加 0.70 cm;单株质量处理 2 平均为 1.21 kg,较处理 1(CK)平均增加 0.08 kg;单株净质量处理 2 平均为 1.00 kg,较处理 1(CK)平均增加 0.11 kg。商品率处理 2 平均为 84.89%,较处理 1(CK)平均增加 4.78%。

表 2 一年三茬娃娃菜主要农艺性状调查表

茬口数	处理	株高/cm	株幅/cm	球茎/cm	单株质量/kg	单株净质量/kg	商品率/%
1	1	18.30 b	17.2~18.3 b	9.10 b	1.12 b	0.88 b	81.41
	2	19.80 a	18.2~19.6 a	9.80 a	1.20 a	1.01 a	83.66
2	1	18.40 b	17.4~18.4 b	9.20 b	1.12 b	0.90 b	78.52
	2	20.80 a	18.8~20.1 a	10.10 a	1.23 a	1.01 a	86.60
3	1	18.50 b	17.5~18.6 b	9.30 b	1.15 b	0.88 b	80.41
	2	19.60 a	18.2~19.6 a	9.80 a	1.21 a	0.98 a	84.41
平均	1	18.40 b	17.4~18.4 b	9.20 b	1.13 b	0.89 b	80.11
	2	20.10 a	18.4~19.6 a	9.90 a	1.21 a	1.00 a	84.89

注:同列同一茬口下不同数字后小写字母表示在 0.05 水平差异显著。后同。

### 2.3 不同处理对娃娃菜产量的影响

从表 3 可看出,一年三茬娃娃菜处理 2 较处理 1 均显著增产,三茬分别增产 7 748.9 kg·hm<sup>-2</sup>、7 558.8 kg·hm<sup>-2</sup>、5 612.8 kg·hm<sup>-2</sup>,增产率分别为 7.7%、7.5%、5.5%;一年三茬娃娃菜处理 2 较处理 1 平均增产 7 228.6 kg·hm<sup>-2</sup>,增产率 7.2%。

表 3 一年三茬娃娃菜不同处理产量结果表

茬口数	处理	区域产量/(kg·40 m <sup>2</sup> )	折产/(kg·hm <sup>2</sup> )	增产/(kg·hm <sup>2</sup> )	增产率/%
1	1	400.2 b	100 110.0		
	2	431.2 a	107 858.9	7 748.9	7.7
2	1	400.9 b	100 280.1		
	2	431.1 a	107 838.9	7 558.8	7.5
3	1	406.1 b	101 570.8		
	2	428.5 a	107 183.6	5 612.8	5.5
平均	1	402.4 b	100 525.2		
	2	430.3 a	107 753.8	7 228.6	7.2

### 2.4 土壤养分及理化性状变化

从表 4 可以看出,处理 2 试验后较试验前 pH 降低 0.10,有机质含量增加 1.17 g·kg<sup>-1</sup>,增幅 14.64%;全氮含量增加 0.13 g·kg<sup>-1</sup>,增幅 24.53%;碱解氮含量增加 16.00 mg·kg<sup>-1</sup>,增幅 28.57%;有效磷含量增加 7.20 mg·kg<sup>-1</sup>,增幅 33.49%;速效钾含量增加 15.80 mg·kg<sup>-1</sup>,增幅 21.44%。试验结果表明,在

表 4 土壤养分变化

项目	pH	w(有机质)/(g·kg <sup>-1</sup> )	w(全氮)/(g·kg <sup>-1</sup> )	w(碱解氮)/(mg·kg <sup>-1</sup> )	w(有效磷)/(mg·kg <sup>-1</sup> )	w(速效钾)/(mg·kg <sup>-1</sup> )
试验前	8.8	7.99	0.53	56.00	21.50	73.70
试验后处理 1	8.8	7.21	0.58	66.00	24.80	78.80
试验后处理 2	8.7	9.16	0.66	72.00	28.70	89.50

娃娃菜上实施“土壤调理剂+生物有机肥料+尾菜堆沤还田”模式,可明显提高耕地质量,增加土壤养分含量。

从表5可以看出,一年三茬娃娃菜田实施“土壤调理剂+生物有机肥料+尾菜堆沤还田”模式处理

表5 土壤物理性质

处理	取样深度/ cm	结构	松紧度	容重/ ( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ )	空隙	孔隙度/ %
1	0~20	团状	松	1.26	较多	52.37
	20~50	块状	紧	1.37	少	48.74
2	0~20	粒团	松	1.20	多	53.85
	20~50	块状	较紧	1.32	少	50.13

能明显降低土壤容重,提高土壤总孔隙度。在0~20 cm,处理2较处理1土壤容重减少 $0.06\text{ mg}\cdot\text{cm}^{-3}$ ,孔隙度增加1.48个百分点;在>20~50 cm,处理2较处理1土壤容重减少 $0.05\text{ mg}\cdot\text{cm}^{-3}$ ,孔隙度增加了1.39个百分点。

## 2.5 经济效益分析

由表6可知,处理2各茬产值均最高,为53 919.5~129 430.7元· $\text{hm}^{-2}$ ,较处理1增产值3 779.4~9 298.7元· $\text{hm}^{-2}$ ,增效3 029.4~8 590.7元· $\text{hm}^{-2}$ ;三茬娃娃菜处理2总产值为269 097.1元· $\text{hm}^{-2}$ ,较处理1增产值17 568.4元· $\text{hm}^{-2}$ ,总增效15 822.4元· $\text{hm}^{-2}$ ,产投比分别为24.20:1和22.16:1。

表6 经济效益分析表

茬口数	处理	产量/ ( $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ )	产品单价/ (元· $\text{kg}^{-1}$ )	产值/ (元· $\text{hm}^{-2}$ )	增产值/ (元· $\text{hm}^{-2}$ )	化肥投入/ (元· $\text{hm}^{-2}$ )	效益/ (元· $\text{hm}^{-2}$ )	产投比/ 元	增效益/ (元· $\text{hm}^{-2}$ )
1	1	100 110.0	1.2	120 132.0		3465	116 667.0	34.67:1	
	2	107 858.9	1.2	129 430.7	9 298.7	4173	125 257.7	31.02:1	8 590.7
2	1	100 280.1	0.5	50 140.1		3465	46 675.1	14.78:1	
	2	107 838.9	0.5	53 919.5	3 779.4	4215	49 704.5	14.27:1	3 029.4
3	1	101 570.8	0.8	81 256.6		3465	77 791.6	23.45:1	
	2	107 183.6	0.8	85 746.9	4 490.3	3753	81 993.9	22.84:1	4 202.3
合计	1	301 960.9		251 528.7		10 395	241 133.7	24.20:1	
	2	322 881.4		269 097.1	17 568.4	12 141	256 956.1	22.16:1	15 822.4

注:尿素2元· $\text{kg}^{-1}$ ,磷二铵3.0元· $\text{kg}^{-1}$ ,复合肥4.2元· $\text{kg}^{-1}$ ,生物有机肥1.5元· $\text{kg}^{-1}$ ,土壤调理剂23.6元· $\text{L}^{-1}$ ,RW菌种尾菜腐熟剂25元· $\text{L}^{-1}$ ,娃娃菜单价为:2019年6月10日(第一茬)收购价1.2元· $\text{kg}^{-1}$ ,2019年8月20日(第二茬)收购价0.5元· $\text{kg}^{-1}$ ,2019年10月24日(第三茬)收购价0.8元· $\text{kg}^{-1}$ 。

## 3 讨论与结论

在临泽县鸭暖镇五泉村一年三茬娃娃菜分别增施土壤调理剂、生物有机肥料、尾菜堆沤还田当茬作物都有增产效果,三茬分别增产 $7\,748.9\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 、 $7\,558.8\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 、 $5\,612.8\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ,增产率分别是7.7%、7.5%、5.5%。试验结果表明,娃娃菜在常规施肥情况下,增施有机质和提高土壤活性肥料情况下都有不同程度的增产效果,并通过第一茬施用调碱性土壤调理剂,有效解决当地盐碱严重问题。游媛等<sup>[13]</sup>关于大白菜平衡施肥的研究表明,有机肥使大白菜增产是以一定化学肥料投入为基础的,并且有机质能有效提高娃娃菜维生素C含量,与本试验结果一致。一年采收结束后对试验前后土壤养分进行对比分析,有机质、全氮、速效钾等土壤养分含量明显提高,耕作层土壤容重减少 $0.05\sim 0.06\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ,孔隙度增加了1.39%~1.48%;尤其是将三茬娃娃菜尾菜通过不同茬口科学安排,全部还田,有效降低尾

菜带来的环境污染,还有效进行肥料化处理,为第三茬作物及第二年耕种提供了有效有机质。经济效益也有大幅提高,较常规施肥增产值 $17\,568.4\text{元}\cdot\text{hm}^{-2}$ ,平均单茬增效 $5\,274.1\text{元}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。为一年三茬娃娃菜“保价护航”,有效降低了种植风险。

试验表明,一年三茬娃娃菜种植按照“土壤调理剂+生物有机肥料+尾菜堆沤还田”模式可以促进娃娃菜的生长发育,且对娃娃菜的品质和产量有一定程度的提升,并可以结合茬口时间有效促进尾菜无害化利用,耕地质量得到明显提高,可以在本区域生产上大面积示范推广。但本试验仅设计为单因子研究,对氮磷钾的配比试验并无深入展开,由于娃娃菜对氮磷钾需求水平的不同,尤其对氮素依赖性最强,是产量的主要限制因素<sup>[14-15]</sup>,因此,应进一步进行不同施肥方式对其肥料利用率及氮磷钾配比试验,为有机肥替代化肥、有机肥和化肥相结合、化肥减量增效以及耕地质量提升提供数据支撑。

## 参考文献

- [1] 张晓梅,严湘萍.高寒地区娃娃菜品种引种比较试验初报[J].长江蔬菜,2009(2):46-47.
- [2] 王志敏,陈修斌,许耀照,等.河西绿洲娃娃菜水肥一体化高效生产技术[J].中国园艺文摘,2015,31(11):167-168.
- [3] 张保军,王鼎国,雷玉明.施肥对河西走廊娃娃菜干烧心病及产量的影响[J].土壤与作物,2016,5(3):206-210.
- [4] 刘华.蔬菜废弃物无害化处理及再利用[J].中国农业信息,2013(11):272-272.
- [5] 党升荣,陵军成,吴建宏,等.RW菌种尾菜腐熟剂对娃娃菜尾菜的处理效果[J].甘肃农业科技,2013(5):13-14.
- [6] 张思成.兰州市红古区娃娃菜一年三熟高效栽培技术[J].甘肃农业科技,2007(8):70-71.
- [7] 朱少聪,王志伟.播种方式对河西走廊一年两熟制娃娃菜的影响[J].甘肃农业科技,2016(9):38-40.
- [8] 华军,张文斌,王勤礼,等.钢架大棚娃娃菜1年3茬高效栽培模式[J].中国瓜菜,2017,30(6):51-52.
- [9] 华军,王勤礼,王鼎国,等.张掖市娃娃菜品种比较试验[J].中国瓜菜,2016,29(8):38-41.
- [10] 李丽香.娃娃菜栽培品比试验[J].中国园艺文摘,2017,33(6):25-26.
- [11] 华军,王勤礼,王鼎国,等.定植时期对张掖市春播娃娃菜性状及产量的影响[J].甘肃农业科技,2018(1):40-42.
- [12] 唐仕华.尾菜堆肥处理及对娃娃菜的产量影响试验[J].农业科技与信息,2017(14):42-44.
- [13] 游媛,陈燕霞,刘芳,等.平衡施肥对大白菜产量和品质的影响[J].长江蔬菜,2009(2):17-20.
- [14] 黄长江,车晓莉.大白菜氮磷钾肥料配施效应研究[J].中国土壤与肥料,2013(4):71-76.
- [15] 李文伟,毛涛,王勤礼,等.张掖市露地娃娃菜1年3茬“土壤调理剂+生物有机肥料+尾菜堆沤还田”优化施肥栽培技术[J].农业科技与信息,2020(19):6-8.