

doi:10.11937/bfyy.20182355

# 草莓种苗繁育氮磷钾“3414”施肥效应

左丽娟<sup>1</sup>, 张 钟<sup>1</sup>, 张军云<sup>1</sup>, 马文彬<sup>1</sup>, 任晶梅<sup>2</sup>, 王文智<sup>1</sup>

(1. 玉溪市农业科学院, 云南 玉溪 653100; 2. 峨山县大龙潭乡农业技术推广站, 云南 峨山 653205)

**摘 要:**以草莓植株为试材,采用“3414”肥效试验方案,研究了 N、P、K 不同施肥处理对草莓繁殖苗产量和经济效益的影响,并采用一元二次肥料效应模型得出了草莓繁殖苗最佳施肥量,以期为宜地区草莓种苗繁育施肥提供科学依据。结果表明:N、P、K 对草莓繁殖苗产量、产值有较大影响, $N_2P_2K_2$  处理的肥料配施比例最佳,每 667 m<sup>2</sup> 产苗量为 79 636 株,增产率达 156.36%,每 667 m<sup>2</sup> 产值及纯收入分别为 31 854.40、31 693.76 元,每 667 m<sup>2</sup> 净增产值及纯收入分别为 11 482.40、11 321.76 元,氮肥对草莓繁殖苗量的影响最大、磷肥其次、钾肥最小。通过回归分析建立一元二次回归方程,得出每 667 m<sup>2</sup> 最佳经济产苗量的 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 施肥量分别为 13.36、10.09、10.55 kg。

**关键词:**草莓;繁殖苗;“3414”肥效试验;产量;经济效益

中图分类号:S 668.406<sup>+</sup>. 2 文献标识码:A 文章编号:1001-0009(2019)04-0018-07

草莓(*Fragaria × ananassa*)属蔷薇科草莓属宿根性多年生草本作物,其果实营养丰富,美味可口,深受人们的青睐<sup>[1]</sup>,由于市场的需求量大使种植规模逐年扩大,目前我国草莓种植面积和产量均为世界第一<sup>[2]</sup>。云南省草莓生产始于 20 世纪 80 年代初期,玉溪市成为云南省草莓种植面积和产量第一的区域,已成为云南省草莓的主产地和草莓优良品种的供应地<sup>[3]</sup>。随着玉溪草莓种植面积的增加,种苗需求量也呈逐年上升趋势。俗语“苗好七成收”充分说明了育苗是作物生产的重要环节。生产上草莓的繁殖苗主要利用母株在生长过程中产生大量匍匐茎苗进行无性繁殖。这种方法

具有繁殖系数高,采苗容易,种苗质量好,不易感染土传病害等特点。国内有关草莓繁殖苗方面的研究,前人对草莓繁殖苗技术介绍<sup>[4-9]</sup>较多,栽培方式<sup>[10-12]</sup>、植物生长调节剂<sup>[13-14]</sup>对草莓繁殖苗的影响研究较深入,常规繁殖苗与脱毒繁殖苗对种苗的影响研究<sup>[15-17]</sup>较详细,连作障碍<sup>[18]</sup>、施肥<sup>[19-20]</sup>对草莓繁殖苗的影响也有报道,但对其需肥规律和配方施肥的研究尚鲜见报道。“3414”肥料方案是农业部测土配方施肥技术规范推荐采用的方案设计<sup>[21]</sup>。因此,在前人研究基础上,利用“3414”施肥方案可明确氮、磷、钾配施对草莓繁殖苗产量和质量的影响,探寻草莓繁殖苗最佳施肥配方具有重要意义,以期为宜地区草莓繁殖苗合理施肥提供依据。

**第一作者简介:**左丽娟(1984-),女,硕士,农艺师,现主要从事园艺作物育种及栽培技术推广等工作。E-mail:76271437@qq.com.

**责任作者:**张军云(1973-),男,硕士,推广研究员,现主要从事园艺作物育种及组织培养与技术推广等工作。E-mail:yuhebio@qq.com.

**基金项目:**中央财政农业重大技术推广资助项目(云财农行[2015]325号);玉溪市高原特色冬季农业开发科技示范资助项目(玉财农[2017]85号)。

**收稿日期:**2018-09-27

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试草莓品种为“章姬”,由玉溪市农业科学院提供。供试肥料:氮肥为尿素(含 N 46%),磷肥为普通过磷酸钙(含 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 16%),钾肥为硫酸钾(含 K<sub>2</sub>O 51%),由云南云天化集团有限责任公司提供。

## 1.2 试验方法

试验于2017年在玉溪市农业科学院高原特色农业科研示范基地进行,面积380 m<sup>2</sup>,前作芦笋,土壤养分有机质22.60 g·kg<sup>-1</sup>,全氮1.16 g·kg<sup>-1</sup>,速效磷19.60 mg·kg<sup>-1</sup>,速效钾80.00 mg·kg<sup>-1</sup>,pH 6.54。于3月27日移栽草莓母株,8月13日采收草莓种苗。

试验采用“3414”设计方案,即指氮、磷、钾3个因素4个水平14个处理(《测土配方施肥技术规范》)。0水平指不施肥;2水平指当地最佳施肥量的近似值;1水平=2水平×0.5;3水平=2水平×1.5(该水平为过量施肥水平)。采用随机区组设计,3次重复,小区长9 m,宽1.2 m,小区面积10.8 m<sup>2</sup>,处理间开沟,沟宽30 cm,单株定向均行移栽,规格1.2 m×0.6 m,每小区15株,每667 m<sup>2</sup>种植926株。

根据玉溪市农业科学院调查农户施肥的经验,配方确定2水平每667 m<sup>2</sup>施肥量为N 12、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 10、K<sub>2</sub>O 10 kg,各处理施肥量见表1。施肥分5个时期:①基肥30%氮肥、70%磷肥、50%钾肥,在定植时施下;②提苗肥10%氮肥,在定植成活后施下;③第1次追肥25%氮肥、20%磷肥、25%钾肥,在初生匍匐茎时于植株两侧20 cm开沟条施施下;④第2次追肥35%氮肥,在匍匐茎大量生长时即有大量新生苗时泼施于墒面;⑤花芽分化肥10%磷肥、25%钾肥,在花芽分化前泼施于墒面。田间管理按当地常规管理进行。

表1 667 m<sup>2</sup> 施肥量

Table 1 Amount of fertilizer applied each 667 m<sup>2</sup> kg

序号 No.	处理 Treatment	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1	N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	0	0	0
2	N <sub>0</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	0	10	10
3	N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	6	10	10
4	N <sub>2</sub> P <sub>0</sub> K <sub>2</sub>	12	0	10
5	N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	12	5	10
6	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	12	10	10
7	N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K <sub>2</sub>	12	15	10
8	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>0</sub>	12	10	0
9	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	12	10	5
10	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>3</sub>	12	10	15
11	N <sub>3</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	18	10	10
12	N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	6	5	10
13	N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	6	10	5
14	N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	12	5	5

## 1.3 项目测定

因母株上匍匐茎及繁殖种苗数量较多,因此在采收种苗前按处理小区各随机选取2株母株测定匍匐茎及繁殖种苗数量,再从各小区随机选取10株种苗洗净后测定根数、根长、株高、株茎、叶片数、叶片长、叶片宽、叶柄长、地上部鲜质量及地下部鲜质量。

## 1.4 数据分析

采用Excel 2007软件对试验数据进行统计分析,利用DPS 7.05软件进行方差分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 各处理产量结果分析

从表2可以看出,施肥能够提高草莓单株匍匐茎数量及产苗量,不同处理单株匍匐茎数量、单株产苗量分别比不施肥处理增加2~14条、1~31株,产苗量增产1.82%~56.36%,在所有施肥处理中,以NPK适量配施处理6的草莓繁殖苗最高,每667 m<sup>2</sup>达到79 636株,最低的是处理2,每667 m<sup>2</sup>产苗量为51 856株;无氮处理2和有氮处理1、3、6、11相比较,略高于处理1水平远低于有氮处理3、6、11,氮肥对草莓繁殖苗影响大;无磷处理4和有磷处理5、6、7相比,无磷处理4每667 m<sup>2</sup>产苗量为54 634株,低于有磷处理5、

表2 各处理产量结果

Table 2 Yield results of each treatment

序号 No.	处理 Treatment	单株1级匍匐茎数量 The number of stolons per plant level 1/条	单株产苗量 Seedling yield per plant/株	667 m <sup>2</sup> 产苗量 Seedling numbers per 667 m <sup>2</sup> /株
1	N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	20	55	50 930
2	N <sub>0</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	22	56	51 856
3	N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	26	76	70 376
4	N <sub>2</sub> P <sub>0</sub> K <sub>2</sub>	26	59	54 634
5	N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	33	78	72 228
6	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	34	86	79 636
7	N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K <sub>2</sub>	28	79	73 154
8	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>0</sub>	23	62	57 412
9	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	28	78	72 228
10	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>3</sub>	30	81	75 006
11	N <sub>3</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	25	82	75 932
12	N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	28	83	76 858
13	N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	26	81	75 006
14	N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	25	81	75 006

6、7, 缺磷对产苗量也有影响; 无钾处理 8 和有钾处理 9、6、10 相比较, 无钾处理 8 每 667 m<sup>2</sup> 产苗量为 57 412 株, 低于有钾处理, 缺钾对草莓繁殖量影响也较大; 处理 2、4、8 分别为缺氮、缺磷、缺钾区, 缺肥区处理 667 m<sup>2</sup> 产苗量依次为处理 2 < 处理 4 < 处理 8, 说明在此试验条件下, 氮、磷、钾肥的作用大小分别为氮肥 > 磷肥 > 钾肥。

通过对各处理进行方差分析, 产苗量结果表明, 不同处理区组间, 草莓繁殖产苗量均到显著差异水平(表 3), 即  $F=8.90 > F_{0.05}=6.00$ 。

## 2.2 施用氮磷钾肥的经济效益分析

通过对各处理经济效益分析(表 4), 配方施

表 3 不同施肥处理产苗量方差分析

Table 3 Variance analysis of seedling numbers under different fertilization treatments

	自由度 <i>df</i>	平方和 SS	均方 MS	<i>F</i>	<i>F</i> <sub>0.05</sub>
回归分析					
Regression analysis	9	1 266 598 434.00	140 733 159.40	8.90	6.00
残差 Residual	4	63 285 593.25	15 821 398.31		
总计 Total	13	1 329 884 028.00			

肥与不施肥比较, 每 667 m<sup>2</sup> 增产 926~28 706 株, 每 667 m<sup>2</sup> 产值增加范围为 370.40~11 482.40 元, 每 667 m<sup>2</sup> 配方施肥投入增加的范围为 97.94~191.99 元, 每 667 m<sup>2</sup> 产出效益增加范围为 265.20~11 321.76 元, 其中, 处理 6、11、12 增加经济效益最显著, 每 667 m<sup>2</sup> 分别为 31 693.76、30 184.44、30 631.53 元, 处理 2 的增效不明显, 每 667 m<sup>2</sup> 为 265.20 元; 产投比范围 156.3~295.4, 以处理 10 最低, 处理 13 最高。可见, 通过测土配方施肥后, 草莓苗繁殖生产达到了预期增产增效的目的。

## 2.3 地力分析

用缺素区产量占全肥区产量的百分数即相对产量的高低来表达土壤养分的丰缺状况, 当相对产量 ≤ 50% 时为极低; 当相对产量 50%~75% 时为低; 当相对产量 75%~95% 时为中; 当相对产量 ≥ 95% 时为高, 由此计算该试验条件下土壤丰缺标准。缺 N、P、K 的相对产量分别 65.12%、68.60%、72.09%, 说明土壤中全氮、有效磷及速效钾的含量指标均为低(表 5)。

表 4 667 m<sup>2</sup> 氮磷钾配施经济效益分析

Table 4 Economic benefit analysis of 667 m<sup>2</sup> combined application of N,P,K

序号 No.	处理 Treatment	667 m <sup>2</sup> 产苗量 Seedling numbers per 667 m <sup>2</sup> /株	产值 Production value/元	投入 Input/元	纯收入 Net income/元	产投比 Production ratio
1	N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	50 930	20 372.00	0.00	20 372.00	—
2	N <sub>0</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	51 856	20 742.40	105.20	20 637.20	197.2
3	N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	70 376	28 150.40	132.92	28 017.48	211.8
4	N <sub>2</sub> P <sub>0</sub> K <sub>2</sub>	54 634	21 853.60	118.14	21 735.46	185.0
5	N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	72 228	28 891.20	139.39	28 751.81	207.3
6	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	79 636	31 854.40	160.64	31 693.76	198.3
7	N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K <sub>2</sub>	73 154	29 261.60	181.89	29 079.71	160.9
8	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>0</sub>	57 412	22 964.80	97.94	22 866.86	234.5
9	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	72 228	28 891.20	129.29	28 761.91	223.5
10	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>3</sub>	75 006	30 002.40	191.99	29 810.41	156.3
11	N <sub>3</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	75 932	30 372.80	188.36	30 184.44	161.2
12	N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	76 858	30 743.20	111.67	30 631.53	275.3
13	N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	75 006	30 002.40	101.57	29 900.83	295.4
14	N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	75 006	30 002.40	108.04	29 894.36	277.7

注: 纯 N 为 4.62 元 · kg<sup>-1</sup>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 为 4.25 元 · kg<sup>-1</sup>, K<sub>2</sub>O 为 6.27 元 · kg<sup>-1</sup>, 草莓种苗价格为 0.40 元 · kg<sup>-1</sup>。价格均来自 2017 年当地市场平均价格。

Note: Pure N price is 4.62 RMB · kg<sup>-1</sup>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> price is 4.25 RMB · kg<sup>-1</sup>, K<sub>2</sub>O price is 6.27 RMB · kg<sup>-1</sup>, the price of strawberry seedlings is 0.40 RMB · kg<sup>-1</sup>. The prices are all from the average prices in the local market in 2017.

表 5 草莓繁苗“3414”试验养分丰缺状况

Table 5 Nutrient abundance in ‘3414’ test of strawberry seedlings

序号 No.	处理 Treatment	667 m <sup>2</sup> 产苗量 Production plants per 667 m <sup>2</sup> /株	相对产苗量 Relative seedling yield/%	丰缺指标 Abundance indicator	肥力等级评价 Fertility rating/%
1	N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	50 930	—	—	—
2	N <sub>0</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	51 856	65.12	低	50~75
4	N <sub>2</sub> P <sub>0</sub> K <sub>2</sub>	54 634	68.60	低	50~75
6	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	79 636	100.00	—	—
8	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>0</sub>	57 412	72.09	低	50~75

2.4 各处理种苗素质分析

由表 6 可知,各处理所育苗的根数均在 20 条以上,根长均在 8.90 cm 以上,茎粗均在 0.90 cm 以上,叶数均在 5 张以上,健康无病。表明利用草

莓植株进行种苗繁殖,苗素质较好,能达到无病壮苗的标准。从地上、下部鲜质量来看,处理 6 的种苗根系较为发达、植株大小合适,是移栽定植时较为理想的种苗。

表 6 各处理种苗素质结果

Table 6 Results of seedling quality of each treatment

序号 No.	处理 Treatment	根数 Root number/条	根长 Root length/cm	株高 Plant height/cm	茎粗 Stem diameter/cm	叶片数 Leaf blade number/片	叶面积 Leaf area /cm <sup>2</sup>	叶柄长 Petiole length/cm	地上部鲜质量 Upper ground fresh quality/g	地下部鲜质量 Underground fresh quality/g
1	N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	20	8.90	23.01	0.90	6	31.76	14.11	9.93	1.95
2	N <sub>0</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	25	8.93	25.26	0.92	6	34.80	16.71	11.58	2.62
3	N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	25	10.23	31.50	1.06	6	51.17	21.27	16.07	2.23
4	N <sub>2</sub> P <sub>0</sub> K <sub>2</sub>	23	8.50	29.87	0.97	6	39.28	19.56	15.64	2.13
5	N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	26	9.56	36.06	1.11	6	50.39	24.10	18.48	2.18
6	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	28	12.05	30.40	0.90	5	49.14	20.40	14.98	2.90
7	N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K <sub>2</sub>	22	9.34	34.88	0.95	6	34.79	21.26	16.77	2.80
8	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>0</sub>	25	9.58	27.22	1.00	5	33.75	17.62	11.29	2.08
9	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	26	10.50	33.51	1.20	7	56.14	21.71	18.79	2.69
10	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>3</sub>	24	9.88	31.80	1.02	6	32.66	20.58	14.09	2.01
11	N <sub>3</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	21	8.95	27.57	1.09	5	34.47	16.46	14.52	2.47
12	N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	29	9.68	28.83	1.01	5	39.19	19.67	12.79	2.50
13	N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	22	8.98	29.94	1.06	6	42.47	19.60	12.90	1.98
14	N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	23	8.95	30.56	1.14	6	46.70	20.35	17.31	2.56

2.5 一元二次施肥模型建立与肥料最佳施用量分析

2.5.1 氮肥施用量对草莓繁苗量的影响

在磷、钾水平不变的情况下,根据氮肥不同施用量及草莓繁苗量,通过回归分析得出氮肥用量与草莓繁苗量之间的回归方程:  $y = -154.33x^2 + 4136.1x + 51671$  ( $R^2 = 0.9985$ ) (图 1)。该试验点复测试系数(0.9985)比较大,说明方程拟合程度较好。

通过氮元素的肥料效应方程可以得出,该试验点草莓繁苗每 667 m<sup>2</sup> 氮肥经济最佳施用量为 13.36 kg,每 667 m<sup>2</sup> 产苗量 79 382.68 株。每 667 m<sup>2</sup> 最高产苗量施氮肥量为 13.40 kg,每 667 m<sup>2</sup>

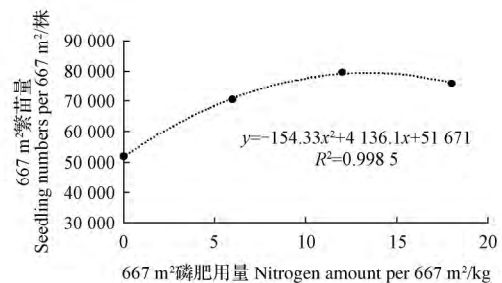


图 1 氮肥对草莓繁苗量的影响

Fig. 1 Effect of nitrogen fertilizer on seedling numbers of strawberry

草莓繁苗量为 79 382.89 株,同时随着施入氮肥量的增加,草莓繁苗量也在增加,但达到最佳施肥量以后,随着施肥量的增加,草莓繁苗量减少。

### 2.5.2 磷肥施用量对草莓繁殖苗量的影响

在氮、钾肥料水平不变的情况下,根据磷肥不同施用量及草莓繁殖苗量通过回归分析,得出磷肥用量与草莓繁殖苗量之间的回归方程: $y = -240.76x^2 + 4870.8x + 54449$  ( $R^2 = 0.9980$ ) (图2)。该试验点复测定系数(0.9980)较大,说明方程拟合程度较好。

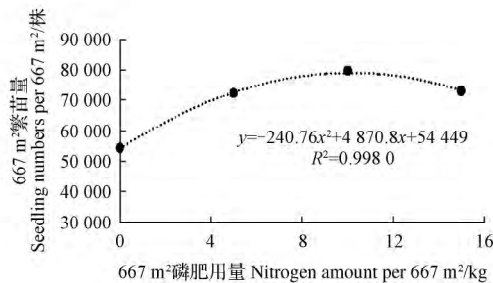


图2 磷肥对草莓繁殖苗量的影响

Fig 2 Effect of phosphate fertilizer on the seedling numbers of strawberry

通过磷元素的肥料效应方程,可以得出磷肥的经济最佳施肥量和最高产苗量施肥量以及相应草莓繁殖苗量,即:每667 m<sup>2</sup>磷肥经济最佳施肥量为10.09 kg,每667 m<sup>2</sup>产苗量79 083.49株;每667 m<sup>2</sup>最高产苗量施磷肥量为10.12 kg,每667 m<sup>2</sup>草莓产苗量79 083.61株。草莓繁殖苗量随磷肥施用量的增加而增加,当超过最高产苗量施磷量时,草莓繁殖苗量开始呈下降趋势。

### 2.5.3 钾肥施用量对草莓繁殖苗量的影响

在氮、磷肥料水平不变的情况下,根据钾肥不同施用量及草莓繁殖苗量通过回归分析,得出钾肥用量与草莓繁殖苗量之间的回归方程: $y = -194.46x^2 + 4120.7x + 57181$  ( $R^2 = 0.9961$ ) (图3)。该试验点复测定系数(0.9961)较大,说明方程拟合程度较好。

通过钾元素的肥料效应方程,可以得出钾肥的经济最佳施肥量和最高产苗量施肥量以及相应草莓繁殖苗量,即:每667 m<sup>2</sup>钾肥经济最佳施肥量为10.55 kg,每667 m<sup>2</sup>产苗量为79 010.08株;每667 m<sup>2</sup>最高产苗量施钾肥量为10.60 kg,每667 m<sup>2</sup>产苗量为79 010.40株。草莓繁殖苗量随钾肥施用量的增加而增加,当超过最高产苗量施钾量时,草莓繁殖苗量开始呈下降趋势。

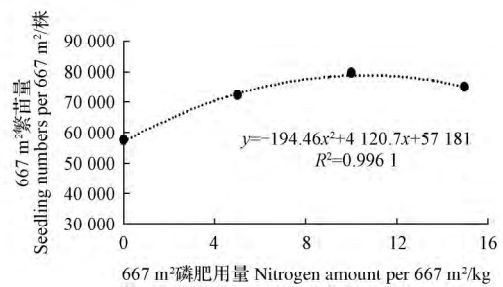


图3 钾肥对草莓繁殖苗量的影响

Fig 3 Effect of potassium fertilizer on the seedling numbers of strawberry

## 3 结论与讨论

土壤肥力水平是决定肥料利用效率高低的的基本因素<sup>[22]</sup>。供试田块的整体地力属中低水平,对草莓繁殖来说土壤中有效养分含量丰缺程度表现为低N、低P、低K。施肥是维持土壤持续生产力、改善土壤营养状态、提高土壤肥力和维持稳定增产的有效措施,合理施肥可促进作物生长,有效提高产量。

该研究通过对草莓繁殖进行氮磷钾“3414”配方施肥试验发现,施肥能促进草莓匍匐茎生长,提高繁殖苗量及经济效益,在各处理中,处理6的每667 m<sup>2</sup>产苗量、产值和纯收入最高,分别为79 636株、31 854.40元、31 693.76元,产投比也比较高为198.3,除无肥区每667 m<sup>2</sup>产苗量、产值和纯收入最低的是处理2,分别为51 856株、20 742.40元、20 637.20元,产投比也较高为197.2,说明氮磷钾配施量均为当地最佳施肥量的近似值时(每667 m<sup>2</sup> N 12 kg、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 10 kg和K<sub>2</sub>O 10 kg)能获得最高的经济产量和效益。这与水稻<sup>[23]</sup>、大黄<sup>[24]</sup>等的研究结果一致。限制其产量和收益的主要养分作用依次为N>P>K,氮肥增产效应最明显,磷肥次之,钾肥最差。单施肥料增产效果和收益表现为N>P>K,这可能是因为氮肥与作物的光合作用紧密联系,磷肥有利于有机物更多地向根系分配,形成的有机物为根的生长提供了保障。

通过回归分析建立一元二次回归方程,得出每667 m<sup>2</sup>氮肥最佳施用量为13.36 kg,每667 m<sup>2</sup>磷肥最佳施用量为10.09 kg,每667 m<sup>2</sup>钾肥最佳施用量为10.55 kg。单施氮、磷、钾量与产苗量

和效益呈抛物线关系,一定范围内产苗量和经济效益随肥料的增加而提高,但超过此范围反而降低,这与张文明等<sup>[25]</sup>的研究结果相似,这种现象符合“报酬递减律学说”<sup>[26]</sup>。

该试验采用了D最优回归设计方案,具有设计处理少,效率高的优点,又符合肥料试验和施肥决策的专业要求,对推广配方施肥具有一定的实际意义,建议以 $N_2P_2K_2$ 处理为基础,同时结合土壤养分测定、品种特性与目标产苗量以及植株养分测定等因素综合分析,确定最佳的测土配方施肥技术,最大限度地提高肥料利用率。

(该文作者还有陈桂芬、段永华,单位同第一作者。)

### 参考文献

- [1] 蔚露,牛自勉,李志强,等.乌金膏和生命素对夏季设施草莓生长及产量的影响[J].山西农业科学,2013,41(7):703-706.
- [2] 张志宏,高秀岩,杜国栋,等.草莓生产的发展趋势:省力化栽培[J].中国农学通报,2007,23(10):103.
- [3] 杨红钧,袁媛,史琳,等.云南省草莓产业现状及发展对策研究[J].安徽农业科学,2014,42(4):1213-1214.
- [4] 朱品芬,张仕莲,蔡亚东,等.草莓高山繁育技术[J].云南农业,2004(3):8.
- [5] 尹同萍,孙美芝.草莓怎样繁育才能繁得多[J].黄河蔬菜,2010(12):35.
- [6] 陈家旺,师长俭,刘志卿.广东草莓越夏繁育技术研究[J].广东农业科学,1992(6):25-28.
- [7] 王全智,蔡善亚,刘叶琼,等.江苏地区“红颊”草莓露地繁育技术[J].北方园艺,2016(24):209-210.
- [8] 张桢,周志疆,张建,等.长江中下游地区草莓工厂化繁育技术[J].长江蔬菜,2014(5):34-35.
- [9] 陈士海.草莓繁殖田套种增效栽培技术[J].蔬菜,2013(3):12-13.
- [10] 霍恒志,陈雪平,李金凤,等.草莓高架基质栽培结合空中育苗技术研究[J].江苏农业科学,2014,42(4):124-125.
- [11] 廖华俊,董玲,宁志怨,等.脱毒草莓高架自营养高效育苗技术研究[J].安徽农业科学,2013,41(5):1985-1988.
- [12] 万春雁,陈雪平,糜林,等.不同给水方式对草莓基质穴盘避雨育苗的影响[J].江西农业学报,2012,24(9):54-56.
- [13] 徐佩娟,何铁海,曾立红,等.GA<sub>3</sub>植物生长剂在“红颊”草莓繁育上的应用试验研究[J].农业科技通讯,2011(7):33-35.
- [14] 戎国增,徐永江,徐思新.PPP<sub>333</sub>和HS对草莓苗素质及生长发育的影响[J].浙江农村技术师专学报,1997(2,3):34-35.
- [15] 王峰.草莓脱毒苗与常规苗田间性状比较试验[J].山西果树,2016(2):10-11.
- [16] 张利英,李贺年,张鑫,等.草莓组培苗和自繁苗田间性状比较试验研究[J].安徽农业科学,2009,37(25):11957-11958.
- [17] 朱晶华,韩明.大棚草莓新品种红颊抗性比较与繁育试验[J].长江蔬菜(学术版),2010(8):71-72.
- [18] 徐佩娟,何铁海,邱宏良.连作障碍对“红颊”草莓繁育的影响[J].农业科技通讯,2009(4):51-52.
- [19] 张舒玄,聂欣,杜鹃,等.不同微量元素叶面肥对草莓育苗生长的影响[J].土壤,2017,49(2):261-267.
- [20] 储国良,詹国勤,丁剑英,等.草莓繁育田施用氮磷钾肥的效果[J].江苏农业科学,1988(3):27-29.
- [21] 朱涛,张中原,李金凤,等.应用二次回归肥料试验“3414”设计配置多种肥料效应函数功能的研究[J].沈阳农业大学学报,2004,35(3):211-215.
- [22] 张福锁,王激清,张卫峰,等.中国主要粮食作物肥料利用率现状与提高途径[J].土壤学报,2008,45(5):915-924.
- [23] 廖佳丽.测土配方施肥水稻3414肥料效应的研究[J].中国农学通报,2010,26(13):213-218.
- [24] 齐浩,陈垣,郭凤霞,等.唐古特大黄“3414”施肥效果及推荐施肥量研究[J].草业学报,2015,24(9):19-29.
- [25] 张文明,邱慧珍,张春红,等.陇东烤烟“3414”施肥效果及推荐施肥量研究[J].干旱地区农业研究,2013,31(5):191-195.
- [26] 褚清河,强彦珍.经济学与肥料学中报酬递减律的同一性及其问题[J].山西农业科技,2011,39(1):33-37.

## Effect of ‘3414’ Fertilizer of N,P and K on Strawberry Plantlets

ZUO Lijuan<sup>1</sup>,ZHANG Zhong<sup>1</sup>,ZHANG Junyun<sup>1</sup>,MA Wenbin<sup>1</sup>,REN Jingmei<sup>2</sup>,  
WANG Wenzhi<sup>1</sup>,CHEN Guifen<sup>1</sup>,DUAN Yonghua<sup>1</sup>

(1. Yuxi Academy of Agricultural Sciences, Yuxi, Yunnan 653100; 2. Station for Popularizing Agricultural Technique of Dalongtan Township in E'shan, E'Shan, Yunnan 653205)

**Abstract:** To provide the theoretical basis for the application of fertilization for the production of strawberry nursery in Yuxi area, the ‘3414’ fertilization effect test was carried out. The effects of N,P and K treatments on the yield and economic benefit of strawberry nursery were researched. And the regression analysis recommended the optimum fertilizing quantity of N,P,K was obtained. The results showed that the N,P and K had relatively good effects on the seedling numbers and economic benefits

doi:10.11937/bfyy.20181927

# “碧护”对苹果幼苗生长和养分积累的效应

王 京, 梁 微, 王 磊, 朱丽芳, 马锋旺, 李翠英

(旱区作物逆境生物学国家重点实验室, 陕西省苹果重点实验室, 西北农林科技大学 园艺学院, 陕西 杨凌 712100)

**摘 要:**以平邑甜茶为试材,采用水培的方法,研究了 1/2 Hoagland 营养液(正常养分)、1/5 Hoagland(中等养分)、清水(低养分)3 种不同养分条件下,植物源生长调节剂“碧护”(0.136%芸苔素·吲哚乙酸·赤霉素)对苹果幼苗生长和养分积累的效应,以期苹果化肥减施增效技术研究提供一定的依据。结果表明:养分减至对照 1/5 不会影响植株的叶绿素含量。中等养分条件下,根系构型各项指标与正常养分条件下差异不显著;在低养分条件下,苹果的叶和根中可溶性蛋白质含量和根系活力下降,根系平均直径和总体积均显著下降。施加“碧护”可以缓解养分减少对苹果幼苗造成的不利影响,甚至可以使幼苗生长和体内营养积累达到正常养分条件下的水平。说明“碧护”对低养分条件下苹果幼苗的生长和养分积累具有促进作用。

**关键词:**苹果;“碧护”;养分胁迫;生长;养分积累

**中图分类号:**S 661.104<sup>+</sup>.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2019)04-0024-07

苹果作为我国的四大水果之一,具有很高的栽培价值和食用价值。我国现阶段苹果产业实现了面积与产量双增长、优势区向高海拔地区扩展<sup>[1]</sup>。陕西省以其良好的气候条件、土壤环境等

优势成为世界闻名的苹果优生区,同时也是我国的苹果生产大省。研究表明,合理的使用肥料可以促进果树生长,提高果实品质,从而提高经济价值。而过量施入化肥会使苹果植株生长异常,果实品质低劣,容易腐烂,从而影响经济效益,同时对环境也会产生不利影响<sup>[2]</sup>,造成土壤、水资源和大气污染等环境污染。陕西省苹果园合理施肥标准为每 667 m<sup>2</sup> 施入氮、磷、钾肥分别为 14.00~16.00、14.67~22.67、10.67~16.00 kg<sup>[3]</sup>,但通过调查发现,陕北苹果部分主产区平均每 667 m<sup>2</sup> 苹果园的氮、磷、钾肥施用量分别为 93.22、56.18、70.15 kg。说明在一定程度上果园存在过

**第一作者简介:**王京(1993-),女,硕士研究生,研究方向为果树生理生态。E-mail:wj19790524@outlook.com.

**责任作者:**李翠英(1974-),女,四川仁寿人,博士,副教授,现主要从事果树逆境生物学等研究工作。E-mail:lcy1262@nwafu.edu.cn.

**基金项目:**国家重点研发计划资助项目(2016YFD0201100/30);杨凌示范区科技计划资助项目(2018NY-11)。

**收稿日期:**2018-09-25

of strawberry plantlets. Treatment N<sub>2</sub>P<sub>2</sub>K<sub>2</sub> showed the optimal fertilizer application ratio, its seedling numbers was 79 636 plants per 667 m<sup>2</sup>, seedling numbers increasing rate was 156.36%, the output value and net income were 31 854.40, 31 693.76 RMB per 667 m<sup>2</sup>, increment were 11 482.40, 11 321.76 RMB per 667 m<sup>2</sup>. N fertilizer had the greatest impacts on the number of strawberry seedling, followed with P fertilizer; while K fertilizer showed the poorest impacts. In this test, fertilizer application for the optimal economic benefit was N 13.36 kg per 667 m<sup>2</sup>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 10.09 kg per 667 m<sup>2</sup>, K<sub>2</sub>O 10.55 kg per 667 m<sup>2</sup>.

**Keywords:** strawberry; plantlets; ‘3414’ fertilizer effect test; yield; economic benefits