

海门市油菜氮磷钾肥料效应研究 II: 施肥效益<sup>①</sup>许福涛<sup>1</sup>, 顾黄辉<sup>2</sup>, 徐军<sup>1</sup>

(1 江苏省海门市土壤肥料技术指导站, 江苏海门 226100; 2 江苏省海门市农业技术推广中心, 江苏海门 226100)

**摘要:** 2007—2009 年度在海门市进行了油菜 3414 肥料效应试验。结果表明: ①海门市最佳施肥量分别为每 667 m<sup>2</sup> 纯 N 12.5 ~ 14 kg、纯 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 4 ~ 4.5 kg、纯 K<sub>2</sub>O 4 ~ 5 kg; ②全肥区平均百千克籽粒吸 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 量分别为 5.50 kg、1.00 kg 和 5.14 kg, 缺素区平均百千克籽粒吸 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 和 K<sub>2</sub>O 量分别为 4.65 kg、0.90 kg 和 4.60 kg; ③全肥区养分当季利用率氮为 22.96% ~ 51.57%, 平均 37.46%; 磷为 5.07% ~ 19.18%, 平均 9.94%; 钾为 9.51% ~ 52.67%, 平均 34.90%。因此, 海门市区域内增施氮磷钾养分仍是提高油菜产量的主要手段。

**关键词:** 油菜; 氮磷钾; 肥料效应; 海门

**中图分类号:** S14-33

实现施肥配方化和定量化是我国农业部测土配方施肥项目的最终目的<sup>[1]</sup>。按项目的实施要求, 从 2007 年秋播开始在海门市进行了油菜 3414 肥料效应试验, 本文报道 2007—2008 和 2008—2009 两个年度的施肥效益的试验结果。

## 1 试验材料与方法

### 1.1 试验材料

**1.1.1 供试土壤** 试验在海门市代表性土壤潮土和盐土上进行, 各试验点土壤肥力状况见表 1。

**1.1.2 供试作物品种** 供试油菜品种为海门市重点推广的中晚熟品种, 2007—2008 年度为史力佳、秦油 10 号等中晚熟品种和华油杂 6 号、9 号、11 号等早中熟品种; 2008—2009 年度为史力佳和秦油 10 号。

**1.1.3 供试肥料** 氮肥为碳铵 (含 N 170 g/kg) 和尿素 (含 N 460 g/kg), 磷肥为普钙 (含 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 120 g/kg), 钾肥为氯化钾 (含 K<sub>2</sub>O 600 g/kg)。

### 1.2 试验方法

**1.2.1 试验设计** 试验采用 3414 完全实施方案设计<sup>[1]</sup>, 设氮、磷、钾 3 因素 4 水平 14 个处理。4 水平即: 0 水平 (不施肥), 2 水平 (当地推荐施肥), 1 水平 (2 水平×0.5), 3 水平 (2 水平×1.5)。氮、磷、钾水平两个年度有所调整, 各处理试验代码及施肥量见表 2 和表 3。随机区组排列, 异地 (点) 重复。小

区面积 33 ~ 66 m<sup>2</sup>, 长宽比 3:1 ~ 5:1, 小区间设有隔离沟, 试验区周边设保护行, 保护行离田边至少 2 m 以上。各承试点移栽密度为每 667 m<sup>2</sup> 5 000 ~ 6 500 株不等, 同一区组密度一致。

表 1 各试验点土壤肥力状况

Table 1 Soil fertility in test points

年度	地点	有机质 (g/kg)	Olsen-P (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)
2007—2008	三星太阳	15.2	4.5	82
	三厂兴虹	11.8	11.9	82
	麒麟双河	13.6	9	107
	悦来悦来	12.9	5.2	82
	海门中海	14.4	48.2	102
	三厂孝汉	10.5	9.2	37
	平均	13.1	14.7	82
2008—2009	三和三圩	13.5	22.1	68
	麒麟双河	10.7	6.9	74
	三厂大洪	10.7	11.8	97
	三厂兴虹	14.4	13.7	79
	悦来保卫	13.1	14	93
	悦来三其	12.9	14.2	68
	包场联合	14.1	18.9	187
	刘浩新群	14	12.8	68
	平均	12.9	14.3	91.8

①基金项目: 农业部测土配方施肥项目资助。

作者简介: 许福涛 (1954—), 男, 江苏海门人, 推广研究员, 长期从事基层土壤肥料研发工作。E-mail: hmsxft@163.com

表 2 3414 试验养分代码表

Table 2 Nutrient codes of 3414 test

养分	试验编号													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
N	0	0	1	2	2	2	2	2	2	2	3	1	1	2
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0	2	2	0	1	2	3	2	2	2	2	1	2	1
K <sub>2</sub> O	0	2	2	2	2	2	2	0	1	3	2	2	1	1

表 3 各处理氮、磷、钾肥施用量 (kg/667m<sup>2</sup>)

Table 3 Fertilizer uses of N, P and K in each treatment

年度	养分	试验编号													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2007—2008	N	0	0	8	16	16	16	16	16	16	16	24	8	8	16
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0	6	6	0	3	6	9	6	6	6	6	3	6	3
	K <sub>2</sub> O	0	8	8	8	8	8	8	8	0	4	12	8	8	4
2008—2009	N	0	0	6	12	12	12	12	12	12	12	18	6	6	12
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0	5	5	0	2.5	5	7.5	5	5	5	5	2.5	5	2.5
	K <sub>2</sub> O	0	6	6	6	6	6	6	6	0	3	9	6	6	3

1.2.2 肥料运筹与施用方法 氮肥：基肥占 50%（碳铵）；腊肥占 20%（尿素），于 12 月底至 1 月初施用；苔肥占 30%（尿素），在抽苔 10 cm 左右时施用；磷（普钙）、钾（氯化钾）肥全部作基肥。基肥的施用先撒于播种沟再移栽油菜，追肥以尿素溶于水浇施。在生产管理措施上，试验田除试验处理外，其他各项田间管理措施均统一，确保试验结果不受病害、杂草和其他不良管理措施的影响。收获前进行田间性状考察，分收测产。

1.2.3 采样与测定方法 土壤样品采集：试验实施前在供试田块上按“S”型采样法（不少于 10 点混合）采集耕层土样（0 ~ 20 cm）1 份。测定项目包括：土壤有机质、全氮、有效磷、速效钾等。植株样品采集：

收获时分小区计秤茎干、角壳、籽粒潮重，及时取小样，晒干后计算小区茎干、角壳、籽粒干重实产，并从中取茎干、角壳、籽粒各 0.5 kg 左右样品进行全 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 检测。土样和植株样品检测方法详见文献 [2]。

## 2 结果与讨论

### 2.1 施肥量与效益分析

根据试验结果，将各试验点最高施肥量的油菜产量与基础地力产量比较，得出最大施肥量的产品产值，将产值扣除肥料成本得出最大施肥量时的施肥收益。以同样方法计算最佳施肥量时的施肥收益，结果见表 4 和表 5。

表 4 油菜 3414 试验施肥收益 (2007—2008)

Table 4 Fertilizing incomes of rape 3414 test (2007—2008)

地点	基础产量 (kg/667m <sup>2</sup> )	最大施肥量时					最佳施肥量时				
		施肥量 (kg/667m <sup>2</sup> )			产量 (kg/667m <sup>2</sup> )	收益 (元/667m <sup>2</sup> )	施肥量 (kg/667m <sup>2</sup> )			产量 (kg/667m <sup>2</sup> )	收益 (元/667m <sup>2</sup> )
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		
海门中海	98.7	15.96	4.12	6.75	211.5	360.82	14.29	2.88	2.49	199.7	358.23
麒麟双河	90.4	16.37	4.77	6.98	178.6	233.82	12.56	3.96	5.29	165.5	213.49
三厂孝汉	103.3	18.99	6.23	8.61	199.1	230.83	13.81	5.03	5.38	191.3	259.68
三厂兴虹	113.3	18.15	6.66	6.74	199.9	204.22	13.04	5.36	4.69	194	232.67
三星太阳	58.7	19.55	7.39	9.68	196.5	412.07	14.01	6.61	4.99	183.1	425.37
悦来悦来	124.9	17.85	6.09	6.83	248	384.46	13.79	5.38	4.75	231.9	353.78
平均	98.2	17.81	5.88	7.60	205.6	304.37	13.58	4.87	4.60	194.3	307.20

注：施肥收益计算依据：N 6.00 元/kg；P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 7.00 元/kg；K<sub>2</sub>O 8.30 元/kg；油菜籽 4.80 元/kg。

表 5 油菜 3414 试验施肥收益 (2008—2009)

Table 5 Fertilizing incomes of rape 3414 test (2008—2009)

地点	基础产量 (kg/667m <sup>2</sup> )	最大施肥量时					最佳施肥量时				
		施肥量 (kg/667m <sup>2</sup> )			产量 (kg/667m <sup>2</sup> )	收益 (元/667m <sup>2</sup> )	施肥量 (kg/667m <sup>2</sup> )			产量 (kg/667m <sup>2</sup> )	收益 (元/667m <sup>2</sup> )
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		
三和三圩	138.9	15.51	5.30	5.67	229.1	157.42	12.43	3.24	3.37	218.7	168.65
麒麟双河	123.7	24.14	11.71	11.90	203.0	-17.85	11.54	5.76	4.70	180.1	63.00
三厂大洪	83.3	15.18	4.43	6.33	221.3	327.13	13.98	3.51	4.47	213.3	326.21
三厂兴虹	121.1	16.38	6.60	8.29	197.1	73.19	10.78	4.13	3.82	187.7	120.89
悦来保卫	144.3	20.53	6.61	8.41	220.9	54.08	13.18	4.04	4.73	207.6	90.96
悦来三其	98.7	16.45	6.32	9.50	203.7	166.73	12.74	4.13	4.62	193.6	203.89
包场联合	86.8	16.31	5.43	6.59	207.5	251.76	13.95	2.91	2.01	200.5	293.19
刘浩新群	85.8	13.39	5.34	6.19	184.6	193.41	10.41	4.64	3.87	173.4	192.15
平均	110.33	17.23	6.47	7.86	208.42	150.73	12.38	4.04	3.95	196.87	182.37

注：施肥收益计算依据：N 4.90 元/kg；P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 7.00 元/kg；K<sub>2</sub>O 8.00 元/kg；油菜籽 3.50 元/kg。

从试验结果看，2007—2008 年度氮磷钾最大施肥量比最佳施肥量平均分别高出 31%、20% 和 65%，2008—2009 年度平均分别高出 39%、60% 和 99%。尽管最大施肥量大大高于最佳施肥量，但两年的施肥收益两者之间差异不大，且仍以最佳施肥量为高。从节约资源，减轻化肥对环境的污染出发，在生产上可以用最佳施肥量指导施肥。因此，将最佳施肥量的施肥收益 ≥ 最大施肥量的施肥收益作为衡量施肥是否过量的参考依据，海门市最佳施肥量分别为每 667m<sup>2</sup> 纯 N 12.5 ~ 14 kg、纯 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 4 ~ 4.5 kg、纯 K<sub>2</sub>O 4 ~ 5 kg。

## 2.2 养分吸收量和土壤供肥量

将油菜 3414 试验各处理的籽粒、秸秆、角壳分别测定氮磷钾养分含量，计算每 667 m<sup>2</sup> 养分吸收量、百千克籽粒养分吸收量。两年度各试验点土壤有效磷平均含量接近全市平均值，有机质和速效钾略低于全市平均值，该肥力状况基本能代表全市土壤肥力水平。

将无肥区、缺素区油菜吸收氮磷钾的量作为土壤供肥能力，两年试验表明，缺素区土壤供肥能力均高于无肥区，其中氮磷钾分别增加了 24.8%、44.4% 和 51.03%，尽管年度之间有些差异，但趋势基本一致，结果见表 6。说明海门市区域内增施氮磷钾养分仍是提高油菜产量的主要手段。

表 6 海门市油菜 3414 试验供肥能力 (kg/667m<sup>2</sup>)

Table 6 Fertilizer-supplying capacity of 3414 rape test in Haimen

试验编号	处理	养分	2007—2008			2008—2009		
			n	平均	变幅	n	平均	变幅
1	N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	N	6	4.89	2.95 ~ 6.28	8	4.99	3.27 ~ 6.93
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		0.99	0.52 ~ 1.10		1.15	0.52 ~ 1.34
		K <sub>2</sub> O		4.16	2.33 ~ 5.19		6.23	3.77 ~ 8.99
2	N <sub>0</sub> P <sub>5</sub> K <sub>6</sub>	N	6	6.56	5.00 ~ 7.76	8	5.89	3.70 ~ 8.06
4	N <sub>12</sub> P <sub>0</sub> K <sub>6</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	6	1.32	0.56 ~ 1.92	8	1.74	1.19 ~ 2.05
8	N <sub>12</sub> P <sub>5</sub> K <sub>0</sub>	K <sub>2</sub> O	6	6.04	5.47 ~ 6.99	8	9.60	7.3 ~ 12.88
6	N <sub>12</sub> P <sub>5</sub> K <sub>6</sub>	N	6	12.17	10.84 ~ 14.31	8	10.49	9.43 ~ 12.09
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		2.12	1.72 ~ 2.46		1.97	1.44 ~ 2.31
		K <sub>2</sub> O		8.87	7.49 ~ 9.87		11.63	9.21 ~ 13.45

试验结果表明，全肥区油菜百千克籽粒养分吸收量：N 为 4.87 ~ 6.32 kg，平均 5.50 kg；P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 为 0.79 ~ 1.21 kg，平均 1.00 kg；K<sub>2</sub>O 为 3.74 ~ 6.71 kg，平均 5.14 kg。纵观全肥区、无肥区、缺素区的百千克养分吸收量，

不管是氮磷钾那一种元素，均表现为全肥区 > 无肥区 > 缺素区，年度间的趋势也接近。见表 7。其中缺素区百公斤籽粒产量的养分量低于无肥区，这与缺素区施用了其他养分后提高了作物产量不无关系。

表 7 两年度百千克籽粒养分吸收量 (kg)

Table 7 Nutrient uptakes per 100 kg rapeseed from 2007 to 2009

试验编号	处理	养分	2007—2008			2008—2009		
			<i>n</i>	平均	变幅	<i>n</i>	平均	变幅
1	N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	N	6	4.98	4.61 ~ 5.56	8	4.51	3.77 ~ 5.10
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		1.00	0.88 ~ 1.11		0.92	0.61 ~ 1.24
		K <sub>2</sub> O		4.26	3.57 ~ 5.62		5.59	4.53 ~ 6.91
2	N <sub>0</sub> P <sub>5</sub> K <sub>6</sub>	N	6	4.99	4.34 ~ 5.47	8	4.39	3.88 ~ 5.28
4	N <sub>12</sub> P <sub>0</sub> K <sub>6</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	6	0.90	0.69 ~ 1.03	8	0.90	0.75 ~ 1.10
8	N <sub>12</sub> P <sub>5</sub> K <sub>0</sub>	K <sub>2</sub> O	6	3.59	2.98 ~ 5.00	8	5.36	4.61 ~ 6.85
6	N <sub>12</sub> P <sub>5</sub> K <sub>6</sub>	N	6	5.97	5.45 ~ 6.32	8	5.14	4.87 ~ 5.50
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		1.04	0.88 ~ 1.21		0.97	0.79 ~ 1.21
		K <sub>2</sub> O		4.38	3.74 ~ 5.70		5.70	5.02 ~ 6.71

### 2.3 肥料利用率

将不同水平的全肥区养分吸收量与对应缺素区养分吸收量的差值, 再与全肥区的养分吸收量比较, 计算该水平养分投入量时的肥料表观利用率, 结果见表

8。两年度资料分析表明, 全肥区 2 水平处理的养分利用率分别是: 氮为 22.96% ~ 51.57%, 平均 37.46%; 磷为 5.07% ~ 19.18%, 平均 9.94%; 钾为 9.51% ~ 52.67%, 平均 34.90%。

表 8 油菜 3414 试验养分利用率 (%)

Table 8 Nutrient use ratios of rape 3414 test

养分	养分代码	年份	施肥量 (kg/667m <sup>2</sup> )	利用率		
				当年	较上一年增减	变幅
N	1	2008	8	38.01	-	24.25 ~ 44.08
		2009	6	40.26	2.26	25.41 ~ 53.12
	2	2008	16	35.05	-	30.09 ~ 40.90
		2009	12	38.35	3.31	22.96 ~ 51.57
	3	2008	24	24.27	-	20.68 ~ 27.96
		2009	18	27.43	3.16	17.84 ~ 34.38
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1	2008	3	18.94	-	10.90 ~ 26.06
		2009	2.5	8.48	-10.46	2.43 ~ 12.86
	2	2008	6	13.38	-	8.40 ~ 19.18
		2009	5	8.52	-4.86	5.07 ~ 12.63
	3	2008	9	7.67	-	3.68 ~ 14.50
		2009	7.5	5.59	-2.09	3.26 ~ 8.84
K <sub>2</sub> O	1	2008	4	49.94	-	32.11 ~ 69.79
		2009	3	47.70	-2.24	27.95 ~ 62.55
	2	2008	8	35.39	-	19.45 ~ 48.53
		2009	6	33.81	-1.58	9.51 ~ 52.67
	3	2008	12	24.22	-	22.02 ~ 26.84
		2009	9	16.63	-7.60	1.97 ~ 26.44

通过进一步分析, 肥料利用率与施肥量的关系是一个动态参数, 不管氮磷钾那一种养分, 在一定范围内随用肥水平 ( $x$ ) 的提高而利用率 ( $y$ ) 下降, 经方程拟合, 得一元二次回归方程为:  $y_N = -0.026 1x^2 -$

$0.144x + 42$ ,  $R^2 = 0.8974$ ;  $y_P = -0.075 8x^2 - 0.158x + 14$ ,  $R^2 = 0.2787$ ;  $y_K = -0.326x^2 - 8.068x + 72$ ,  $R^2 = 0.7915$ 。根据回归方程预测不同施肥水平下的养分利用率 (表 9)。

表 9 施肥水平与肥料利用率预测

Table 9 Predication of fertilizer level and use ratio

N		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		K <sub>2</sub> O	
用量 (kg/667m <sup>2</sup> )	利用率 (%)	用量 (kg/667m <sup>2</sup> )	利用率 (%)	用量 (kg/667m <sup>2</sup> )	利用率 (%)
4	41.01	2	13.38	3	50.73
6	40.20	3	12.84	4	44.95
8	39.18	4	12.15	5	39.82
10	37.95	5	11.31	6	35.34
12	36.52	6	10.32	7	31.51
14	34.87	7	9.18	8	28.34
16	33.02	8	7.88	9	25.82
18	30.96			10	23.95
20	28.69				

### 3 结论

(1) 海门市区域内土壤氮磷钾养分属中等水平，增施氮磷钾养分仍是提高油菜产量的主要手段。海门市最佳施肥量分别为每 667 m<sup>2</sup> 纯 N 12.5 ~ 14 kg、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 4 ~ 4.5 kg、K<sub>2</sub>O 4 ~ 5 kg。

(2) 全肥区平均百千克籽粒吸 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 和 K<sub>2</sub>O 量分别为 5.50 kg、1.00 kg 和 5.14 kg，缺素区平均百千克籽粒 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 和 K<sub>2</sub>O 量分别为 4.65 kg、0.90 kg 和 4.60 kg。

(3) 在目前施肥水平下，全肥区养分利用率氮为 22.96% ~ 51.57%，平均 37.46%；磷为 5.07% ~ 19.18%，平均 9.94%；钾为 9.51% ~ 52.67%，平均 34.90%。

#### 参考文献：

- [1] 中华人民共和国农业部. 测土配方施肥技术规范 (农农发 [2008] 5 号). 2008 年 3 月发布
- [2] 中国土壤学会农业化学专业委员会. 土壤农业化学常规分析方法. 北京: 科学出版社, 1983

## Response of Rape to N, P and K Fertilizer in Haimen II: Fertilizing Benefits

XU Fu-tao<sup>1</sup>, GU Huang-hui<sup>2</sup>, XU Jun<sup>1</sup>

(1 Haimen Soil Fertilizer Technology Guiding Station of Jiangsu Province, Haimen, Jiangsu 226100, China;

2 Agro-Tech Extension and Service Center, Haimen, Jiangsu 226100, China)

**Abstract:** 3414 test results from 2007 to 2009 in Haimen of Jiangsu Province showed that: 1) soil N, P, and K storages could not satisfy rape need sufficiently and applying N, P and K fertilizers currently still could increase rape yield. The optimal uses of N, P and K fertilizers per 667m<sup>2</sup> were N 12.5-14kg, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 4-4.5 kg and K<sub>2</sub>O 4-5kg. 2) per 100kg rapeseed used N 5.50 kg, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 1.00 kg and K<sub>2</sub>O 5.14 kg and N 4.65 kg, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0.90 kg and K<sub>2</sub>O 4.60 kg in the total-fertilizer zone and nutrient-deficient zone, respectively. 3) the use ratios of fertilizers in the total-fertilizer zone were N 22.96%-51.57% with a mean of 37.46%, P 5.07%-19.18% with a mean of 9.94%, K 9.51%-52.67% with a mean of 34.90%.

**Key words:** Rape, NPK, Fertilizer response, Haimen