

王冬群,成美玲,王立,等. 氮磷钾肥用量对菜用大豆产量及养分吸收的影响[J]. 江苏农业科学,2021,49(5):129-132.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.05.024

氮磷钾肥用量对菜用大豆产量及养分吸收的影响

王冬群¹,成美玲²,王立¹,王明湖³

(1. 浙江省慈溪市农业监测中心,浙江慈溪 315300;2. 浙江省慈溪市周巷镇人民政府,浙江慈溪 315324;

3. 浙江省宁波市农业技术推广总站,浙江宁波 315012)

摘要:通过缺素试验和不同施肥量比较试验,研究在土壤中氮含量相对较低、有效磷和速效钾含量较高情况下氮磷钾肥用量对菜用大豆产量的影响,为菜用大豆化肥减量增效和化肥定额制提供依据。通过缺素试验发现,土壤中有较高的有效磷和速效钾含量时,再施用磷肥或钾肥并不能提高菜用大豆产量,反而会造成减产;施氮肥能提高秸秆、豆荚产量;从不同施肥水平来看,呈现出施肥越多,豆荚和秸秆质量均越高的特点,但增产的幅度逐渐降低。当菜用大豆目标产量在 5 500 kg/hm² 时,当 N、P₂O₅、K₂O 施入量分别为 74.6~90.0、20.5~22.5、48.5~67.5 kg/hm² 时,就可保持当季土壤中养分平衡。建议修改菜用大豆施肥配比,适当增加氮肥用量,减少磷肥、钾肥用量,N、P₂O₅、K₂O 三者比例为 33.1:10.0:23.1。

关键词:低密度;菜用大豆;施肥量;产量;氮;磷;钾

中图分类号:S643.706 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2021)05-0129-04

菜用大豆具有种植简单、可多次收获等特点,可用于鲜食或加工,营养丰富,是重要的出口创汇蔬菜品种,在浙江省慈溪市当地沿海地区有种植,常年种植菜用大豆 3.5 万~4 万亩(1 亩=666.7 m²)。当地不少种植户在蔬菜种植过程中习惯使用含 N、P₂O₅、K₂O 均为 15% 的复合肥,长此以往,形成了土壤中有效磷和速效钾含量较高,氮含量相对较低的地力特点。

为了了解土壤中氮含量相对较低、有效磷和速效钾含量较高情况下氮磷钾肥施用量对低密度种植菜用大豆产量的影响,通过缺素试验和不同施肥量水平的肥料对比试验,拟揭示菜用大豆氮、磷、钾施肥量多少对产量的影响,为当地菜用大豆化肥定额制和化肥减量增效提供可靠依据。

1 试验方法

1.1 试验地概况

试验于 2019 年 4 月 2 日在浙江省慈溪市坎墩

街道玉兰果蔬农场进行,试验区位于慈溪市中部,土壤为潮土类灰潮土亚类淡涂泥土属夜阴土土种^[1]。缺素试验分缺氮组(N₀PK)、缺钾组(NPK₀)、缺磷组(NP₀K)、全肥组(NPK)等 4 个水平;常规施肥 N₀P₀K₀、N₁P₁K₁、N₂P₂K₂、N₃P₃K₃、N₄P₄K₄ 等 5 个施肥水平,每个水平重复 3 次。每个施肥小区面积为 20 m²,小区间用 30 cm 宽、25 cm 深开沟隔离。每个小区种 160 穴,每穴留苗 2 株,视出苗情况进行补种。在 2 穴大豆之间穴施肥料作为基肥,不施追肥。播种施肥 1 d 完成。

试验地块 0~20 cm 土壤的基础理化性质:pH 值为 8.06,全氮含量为 1.21 g/kg,水解性氮含量为 75.7 mg/kg,有机质含量为 11.7 g/kg,有效磷含量为 44.1 mg/kg,速效钾含量为 119 mg/kg,水溶性盐分为 0.582 g/kg。前茬为青菜。露地种植菜用大豆,品种为 75-3(产地为铁岭山江种业有限公司)。

1.2 试验设计

氮肥为河南心连心化肥有限公司产尿素(46.4% N),磷肥为宁波市甬丰农业生产资料股份有限公司生产的高浓度磷肥(40% P₂O₅),钾肥为武汉华盛丰农生态工程有限公司生产的硫酸钾(52% K₂O)。缺素试验按当地推荐的配方和施肥方法,按 N、P₂O₅、K₂O 含量分别为 14%、10%、12% 配比,施 450 kg/hm² 计算。不同施肥量水平试验参考当地种植农户的常规施肥方法,按 N、P₂O₅、K₂O 含量均

收稿日期:2020-03-25

基金项目:慈溪市农业科技项目(编号:CN201909)。

作者简介:王冬群(1976—),男,浙江慈溪人,硕士,高级工程师,主要从事农产品质量安全监测与土肥技术推广工作。Tel:(0574) 63976119;E-mail:8479950@qq.com。

通信作者:成美玲,经济师,主要从事农技推广工作。Tel:(0574) 63721154;E-mail:122183489@qq.com。

为 15% 配比,施 450 kg/hm² 计算。分常规施肥量的 0.00、0.33、0.67、1.00、1.33 倍等 5 个水平。具体施肥量详见表 1。所用肥料在实验室采用精度为 0.01 g 电子天平准确称量,在塑料袋中充分混匀。

表 1 露地菜用大豆施肥设计

肥料种类	施肥量(kg/hm ²)								
	N ₀ PK	NPK ₀	NP ₀ K	NPK	N ₀ P ₀ K ₀	N ₁ P ₁ K ₁	N ₂ P ₂ K ₂	N ₃ P ₃ K ₃	N ₄ P ₄ K ₄
N	0	63	63	63	0	22.5	45	67.5	90
P ₂ O ₅	45	45	0	45	0	22.5	45	67.5	90
K ₂ O	54	0	54	54	0	22.5	45	67.5	90

1.3 样品采集与测定

菜用大豆在成熟期的 7 月 1 日、7 月 15 日分 2 次采收豆荚,7 月 15 日同时收获大豆秸秆。在现场对每个小区的全部豆荚和秸秆称质量并作记录。部分豆荚、秸秆样品带回实验室后,切碎、混匀,分别称取豆荚、秸秆各 300 g,先用 105 ℃ 杀青 30 min,再用 60 ℃ 烘干至恒质量。干样磨细后用硫酸-过氧化氢消煮,然后分别以扩散法测定氮含量,紫外分光光度法测定磷含量,火焰光度计法测定钾含量。调查肥料和菜用大豆收购价格,计算肥料投入成本及获得的经济效益。

1.4 数据分析

试验数据采用 Excel 软件进行分析。

2 结果与分析

2.1 缺素组施肥量与产量关系分析

由表 2 可知,豆荚平均质量从大到小依次为 NPK₀ > NP₀K > NPK > N₀PK;秸秆平均质量从大到小依次为 NPK > NPK₀ > NP₀K > N₀PK。无论是秸

秆平均质量还是豆荚平均质量都是 N₀PK 最小。NPK 尽管秸秆质量最大,但是豆荚质量反而没有 NPK₀、NP₀K 高,N₀PK 豆荚质量仅为 NPK 的 69.85%,笔者发现在当前地力条件下增施氮肥能有效提高豆荚产量。从 NPK₀、NP₀K 豆荚质量高于 NPK 可以发现,在有效磷和速效钾含量较高的情况下,过量施磷肥或钾肥并不能达到豆荚增产的目的。NPK₀、NP₀K 秸秆质量小于 NPK,发现在该类地块增施磷肥或钾肥会使秸秆长势更好。也就是说减施钾肥、磷肥会导致秸秆质量下降,但不会导致该地块菜用大豆产量减少。大豆具有根瘤固氮作用,但是其固定的 N 素远不能满足大豆高产栽培对 N 素的需求^[2],试验结果也证明了这一点。

从前后 2 次收获的豆荚质量来看,各处理第 2 次收获的豆荚质量均要明显小于第 1 次,这个比例在 0.29~0.37 之间,非常接近。第 1 次收获的质量大小依次为 NPK₀ > NPK > NP₀K > N₀PK,各处理产量差距明显。

表 2 露地菜用大豆缺素组秸秆和豆荚产量

处理	秸秆质量		豆荚质量				
	平均值(kg/hm ²)	变异系数(%)	平均值(kg/hm ²)	变异系数(%)	第 1 次收获平均值(kg/hm ²)	第 2 次收获平均值(kg/hm ²)	第 2 次/第 1 次
N ₀ PK	1 898	12.55	3 332	16.68	2 498	834	0.33
NPK ₀	3 362	5.22	5 504	8.85	4 186	1 314	0.31
NP ₀ K	3 137	13.43	4 920	5.65	3 586	1 334	0.37
NPK	4 161	13.39	4 770	6.37	3 706	1 064	0.29

2.2 常规组施肥量与产量关系分析

由表 3 可知,从常规施肥不同水平来看,无论是秸秆质量还是豆荚质量均呈现随着施肥量增加产量增加的趋势,虽然 N₄P₄K₄ 处理肥料施用量是最多的,但是秸秆产量和豆荚产量较 N₃P₃K₃ 均明显下降。可见,过量施肥并不一定增产。

从前后 2 次收获的豆荚产量来看,从第 1 次收获数据可以发现,N₃P₃K₃ 产量最高,N₄P₄K₄ 次之,N₂P₂K₂ 再次之。N₁P₁K₁、N₀P₀K₀ 产量更低,且两者

接近,可见并不是施肥越多第 1 次收获的产量就越高。从第 2 次收获数据发现,施肥量越多产量越多。第 1 次收获的产量平均值均大于第 2 次,这个比值在 0.66~0.94 之间。结果表明,前期施肥量越大,对第 2 次收获的产量影响较大。可见到第 2 次收获时,低水平的施肥量已满足不了豆荚生长的需要。应在后期追加肥料,满足生长需要。

2.3 缺素组与常规组产量对比分析

由表 2、表 3 可知,缺素组第 1 次收获的产量整

表 3 露地菜用大豆常规施肥不同水平秸秆和豆荚产量

处理	秸秆质量		豆荚质量				
	平均值 (kg/hm ²)	变异系数 (%)	平均值 (kg/hm ²)	变异系数 (%)	第 1 次收获平均值 (kg/hm ²)	第 2 次收获平均值 (kg/hm ²)	第 2 次/第 1 次
N ₀ P ₀ K ₀	2 023	10.97	3 097	22.71	1 863	1 234	0.66
N ₁ P ₁ K ₁	2 822	14.16	3 756	16.88	1 933	1 823	0.94
N ₂ P ₂ K ₂	3 996	8.75	4 036	5.41	2 313	1 723	0.74
N ₃ P ₃ K ₃	4 136	12.22	5 235	3.71	3 122	2 113	0.68
N ₄ P ₄ K ₄	3 761	9.44	5 030	11.04	2 882	2 148	0.75

体明显大于常规组，而第 2 次收获产量整体明显低于常规组。从前后 2 次收获的比值来看，缺素组与常规组分别为 0.29 ~ 0.37 和 0.66 ~ 0.94，出现了较大的差异，这可能是 2 组不同的肥料配比引起的。

从各处理 3 个小区的产量变异系数来看，缺素组秸秆质量在 5.22% ~ 13.43% 之间，豆荚质量在 5.65% ~ 16.68% 之间；常规组秸秆质量在 8.75% ~ 14.16% 之间，豆荚质量在 3.71% ~ 22.71% 之间。施氮较少的几个处理无论是秸秆产量还是豆荚产量变异系数均要明显大于其他组，这提示在低氮浓度施肥时，土壤中原有的 N 含量对产量影响很大。当施入土壤的 N 肥数量达到一定程度时，对产量产生影响的主要因素是当季施肥量。

2.4 各处理养分平衡情况

由表 4 可知，从 N 素来看，除 NP₀K、N₄P₄K₄ 外，其他各处理氮素均出现了不同程度的亏缺；从 P₂O₅ 来看，除 NP₀K、N₀P₀K₀ 等 2 个没有施磷肥的处理出现亏缺外，其他各个处理均出现了盈余。从 K₂O 来看，除 NPK₀、N₀P₀K₀、N₁P₁K₁ 等没有施钾肥或施肥水平较低的 3 个处理外，其他各处理均出现了不同程度的盈余。可见，各处理普遍存在磷肥、钾肥施

入量过多的问题。根据鲁如坤的研究结果，当作物增产率为 10% 以上时，因磷肥利用率低，对当季作物来说需要保持足够的磷浓度，磷平衡应有适当盈余^[3]。从各处理看，当菜用大豆目标产量在 5 500 kg/hm² 时，当 N、P₂O₅、K₂O 施入量分别为 74.6 ~ 90.0、20.5 ~ 22.5、48.5 ~ 67.5 kg/hm² 时，就可保持当季土壤中的养分平衡。

2.5 菜用大豆各处理氮磷钾(N、P₂O₅、K₂O)吸收量比例关系

设 P₂O₅ 的吸收量为 10.0，通过计算得到各处理 N、P₂O₅、K₂O 吸收量的比例关系(表 5)。可见 N、P₂O₅、K₂O 三者吸收量的比例为 28.1 ~ 39.2、10.0、21.0 ~ 25.5，平均值分别为 33.1、10.0、23.1。除 N₀PK、N₀P₀K₀ 2 个处理的 N、P₂O₅、K₂O 比例极度相近外，其他各处理并没有因为 N、P₂O₅、K₂O 施入量不同而吸收量比例出现有明显有规律的变化，三者保持了一个基本稳定的比例关系。这个特点为笔者设计菜用大豆肥料配比提供了重要依据。

3 经济效益比较

按 2019 年 7 月价格，尿素 2.40 元/kg，重过磷

表 4 菜用大豆氮磷钾(N、P₂O₅、K₂O)平衡

处理	N				P ₂ O ₅				K ₂ O			
	吸收量 (kg/hm ²)	施入量 (kg/hm ²)	盈亏量 (kg/hm ²)	盈亏率 (%)	吸收量 (kg/hm ²)	施入量 (kg/hm ²)	盈亏量 (kg/hm ²)	盈亏率 (%)	吸收量 (kg/hm ²)	施入量 (kg/hm ²)	盈亏量 (kg/hm ²)	盈亏率 (%)
N ₀ PK	37.48	0	-37.48	-100.00	13.33	45.00	31.67	237.58	27.95	54.00	26.05	93.20
NPK ₀	68.46	63.00	-5.46	-7.98	20.45	45.00	24.55	120.05	43.23	0	-43.23	-100.00
NP ₀ K	59.89	63.00	3.11	5.19	18.35	0	-18.35	-100.00	44.49	54.00	9.51	21.38
NPK	66.32	63.00	-3.32	-5.01	19.57	45.00	25.43	129.94	43.54	54.00	10.46	24.02
N ₀ P ₀ K ₀	32.35	0	-32.35	-100.00	11.40	0	-11.40	-100.00	24.11	0	-24.11	-100.00
N ₁ P ₁ K ₁	47.55	22.50	-25.05	-52.68	14.26	22.50	8.24	57.78	33.55	22.50	-11.05	-32.94
N ₂ P ₂ K ₂	55.93	45.00	-10.93	-19.54	16.75	45.00	28.25	168.66	42.77	45.00	2.23	5.21
N ₃ P ₃ K ₃	74.61	67.50	-7.11	-9.53	19.04	67.50	48.46	254.52	48.48	67.50	19.02	39.23
N ₄ P ₄ K ₄	68.83	90.00	21.17	30.76	19.40	90.00	70.60	363.92	46.68	90.00	43.32	92.80

表 5 菜用大豆各处理氮磷钾(N、P₂O₅、K₂O)吸收量比例关系

养分	N ₀ P ₀ K	NPK ₀	NP ₀ K	NPK	N ₀ P ₀ K ₀	N ₁ P ₁ K ₁	N ₂ P ₂ K ₂	N ₃ P ₃ K ₃	N ₄ P ₄ K ₄	平均值
N	28.1	33.5	32.6	33.9	28.4	33.3	33.4	39.2	35.5	33.1
P ₂ O ₅	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
K ₂ O	21.0	21.1	24.2	22.2	21.1	23.5	25.5	25.5	24.1	23.1

酸钙 2.95 元/kg, 硫酸钾 5.00 元/kg, 菜用大豆 7 元/kg 计算。由表 6 可知, 通过成本核算, 笔者发现在常规施肥组除没施肥的 N₀P₀K₀, 无法计算经济效益与成本的比外, 其他 4 组经济效益与成本在 17.34~51.96 之间, 可见肥料用的越多, 这个比例就越小。但是由于肥料成本在经济效益中的占比不到 6%, 主要的成本是种植采收等人工成本, 可见种植户有通过大量使用化肥提高经济效益的内在动力。过量使用肥料一方面浪费资源, 另一方面可能使农田水环境富营养化。

表 6 每 hm² 菜用大豆不同施肥水平的成本核算

处理	尿素 (元)	磷肥 (元)	硫酸钾 (元)	成本 (元)	菜用大豆经 济效益(元)	经济效益/ 成本
N ₀ P ₀ K ₀	0.0	0.0	0.0	0.0	21 678.30	
N ₁ P ₁ K ₁	116.4	164.8	224.8	506.0	26 293.68	51.96
N ₂ P ₂ K ₂	234.8	331.7	449.6	1 016.1	28 251.72	27.80
N ₃ P ₃ K ₃	351.1	496.5	674.3	1 521.9	36 643.32	24.08
N ₄ P ₄ K ₄	468.5	663.3	899.1	2 030.9	35 209.76	17.34

4 结论与讨论

通过缺素试验, 发现在土壤氮含量相对较低、有效磷和速效钾含量较高情况下, 再施磷肥或钾肥都不利于菜用大豆产量提高, 这个结果与菜豆相同^[4]。同时, 发现氮含量不能满足菜用大豆生长需要时对秸秆和豆荚产量影响很大, 会造成严重减产。磷、钾肥相对氮肥而言植物吸收量少, 如果在蔬菜种植过程中长期用 15-15-15 的复合肥施肥, 会出现土壤中磷钾含量偏高、氮含量偏低的现象。张国正等研究发现, 随施氮量增加菜用大豆的鲜仁产量呈先增加后减少的趋势^[2], 因此 N 肥的量也要适当多施。周艺敏等发现, K 肥过量供应会破坏植株体内离子间的平衡^[5]。过量使用磷肥或钾肥一方面浪费资源, 另一方面污染土地。建议对该类地块前期少施磷、钾肥, 或仅施足够多的氮肥。

通过不同施肥水平试验, 发现无论是秸秆产量还是豆荚产量均出现了随着施肥量增加而产量先增加后下降的趋势, 虽然 N₀P₀K₀ 到 N₃P₃K₃ 产量有所增加, 但增加幅度明显下降。从各处理养分平衡

情况发现, 各处理氮素亏缺较多, 除没施肥或低浓度施肥的少数几个处理外, 其余各处理普遍存在磷素钾素盈余较多的现象。当磷钾水平处在中等偏上时, 磷钾肥用量为目标产量需要量的 100%~110%^[6], 菜用大豆 N、P₂O₅、K₂O 三者吸收量的比例为: 28.1~39.2、10.0、21.0~25.5, 平均值为 33.1:10.0:23.1。制定菜用大豆配方肥时, 可适当减少磷肥钾肥配比。当菜用大豆目标产量在 5 500 kg/hm², 施入 N、P₂O₅、K₂O 分别为 74.6~90.0、20.5~22.5、48.5~67.5 kg/hm² 时, 就可保持当季土壤的养分平衡。这个结果与陈怀珠等的研究结果相近, 其认为春大豆最高产量时氮(N)、磷(P₂O₅)和钾(K₂O)的施肥量分别为 80.6、21.6、58.4 kg/hm²^[7]。

通过经济效益比较分析发现, 肥料在生产中所占的成本很小。种植户在不知道地块肥力和作物肥料利用特点的情况下, 普遍选择氮磷钾含量相等的复合肥或掺混肥过量施肥方式。因此, 了解不同作物肥料利用特点, 开展配方施肥, 根据土壤中氮磷钾含量合理施肥, 对于化肥减量增效、化肥定额制、保护土壤环境都非常有必要。

参考文献:

[1] 陆 宏, 许登坤, 厉仁安, 等. 慈溪市土壤环境质量与农产品安全生产对策[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2005.

[2] 张国正, 周 琴, 何小红, 等. 氮、磷和钾肥对菜用大豆籽粒产量和主要矿物质元素积累的影响[J]. 大豆科学, 2009, 28(6): 1034-1039.

[3] 鲁如坤. 土壤磷素水平和水体环境保护[J]. 磷肥与复肥, 2003, 18(1): 4-8.

[4] 王冬群, 成美玲, 王 立, 等. 氮磷钾肥用量对矮生菜豆 86-1 产量的影响[J]. 浙江农业科学, 2020, 61(5): 947-949.

[5] 周艺敏, 吉田彻志, 福元康文. 岩棉营养液栽培 K、N 不同浓度对番茄生育、产量及品质的影响[J]. 华北农学报, 1997, 12(2): 108-115.

[6] 中华人民共和国农业农村部. 测土配方施肥技术规程: NY/T 2911—2016[S]. 北京: 中国农业出版社, 2017

[7] 陈怀珠, 杨守臻, 唐向民, 等. 华南春大豆氮磷钾肥配施效应及用量研究[J]. 大豆科学, 2018, 37(1): 117-125.