

春大豆闽豆5号高产农艺措施的数学模型分析

刘连生

(福建省大田县农业局, 大田 366100)

摘要:为探讨春大豆闽豆5号高产栽培技术模式,采取二次回归正交旋转组合设计研究了闽豆5号产量与主要栽培因素的数量关系,并建立了产量与主要栽培因子关系的数学模型。在闽西北红黄壤旱地,该品种每 hm^2 产量在9800kg以上的农艺措施:需纯氮141.26~162.99kg、五氧化二磷201.92~266.58kg、氧化钾133.70~163.80kg,种植密度21.38万~22.90万株/ hm^2 。

关键词:大豆;闽豆5号;农艺措施;产量效应

长期以来,福建农民栽培大豆习惯于“种豆一把灰”,特别在闽西北山地红黄壤区,种植大豆管理粗放,不间苗、不中耕、不施肥或少施肥,加上土质酸、粘、瘠、旱特点,导致大豆产量低而不稳,效益较低,影响农民种豆积极性。大豆根据其用途分为粒用大豆和菜用大豆两种类型,由于菜用大豆营养丰

富,含有蛋白质、脂肪、矿物质和人体必需的多种维生素^[1],特别是出口专用型菜用大豆,不仅口感好、外观品质好、商品性好,而且市场前景广阔,备受国内外消费者的欢迎。随着人们生活水平的日益提高及对营养健康食品的高度重视,我国南方菜用大豆消费量不断增长,成为南方豆类蔬菜新的消费热点。福建省处于我国东南部,对外贸易活跃,菜用大豆是主要出口豆类蔬菜之一,自20世纪90年代以来,菜

基金项目:福建省科技重大专项(2015NZ0002-3);福建省公益类基本科研专项(2015R1026-10,2016R1025-6,2016R1025-1)

烟碱、降烟碱及转化率均无超亲杂种优势。由此推断,一是白肋烟烟碱、降烟碱及转化率的遗传主要受微效多基因控制,且基因对数可能不止已知的2对,杂种优势的产生是隐性多基因累加的结果;二是在白肋烟雄性不育杂交一代优势利用过程中, P_1 是纯合的低转化率材料, P_2 只要不是纯合的高转化率材料,均可获得转化率低于双亲平均值的杂交 F_1 ;三是目前划分非、低、中、高转化株,特别是非和高转化株的界定值的合理性有待进一步商榷。

从原理上讲,正交 F_1 和反交 F_1 的基因型应该是完全一致的,但在本研究中发现正交 F_1 的杂种优势大于反交 F_1 的现象,初步推测可能与广泛存在于细胞质中的各种功能酶有关,同时亦排除其他遗传物质参与的可能。

综上所述认为:在白肋烟新品种选育中,充分利用杂交 F_1 具有较大的烟碱含量正向杂交优势、降烟碱和烟碱转化率负向杂交优势的特点,是目前选育低烟碱转化、低TSNA含量新品种的主要途径和方法,其中选择纯合的低或非烟碱转化品系作杂交母本尤为关键。

参考文献

- [1] 左天觉. 烟草的生产、生理和生物化学 [M]. 朱尊权, 译. 上海: 上海远东出版社, 1993: 306-338
- [2] 史宏志, Bush L P, Krauss M. 烟碱向降烟碱转化对烟叶麦斯明和TSNA含量的影响 [J]. 烟草科技, 2004 (10): 27-30
- [3] 史宏志, 张建勋. 烟草生物碱 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2004
- [4] 史宏志, Bush L P, Wang J, 等. 我国不同类型烟叶烟碱向降烟碱转化研究 [J]. 中国烟草科学, 2001, 22 (4): 6-8
- [5] 史宏志, 李进平, Bush L P, 等. 白肋烟杂交种及亲本烟碱转化株的鉴别 [J]. 中国烟草学报, 2005, 11 (4): 28-32
- [6] 李进平, 李宗平, 史宏志, 等. 降低鄂烟1号烟碱向降烟碱转化的遗传改良研究 [J]. 中国烟草学报, 2007, 13 (2): 24-28.
- [7] Shi H Z, Cotterill K, Fannin F F, et al. Identification of nicotine to nornicotine converter plants in burley tobacco[C]//55th Tobacco Science Research Conference, Greensboro, North Carolina, USA, 2001: 55-56
- [8] Burton H R, Bush L P, Djordjevic M V. Influence of temperature and humidity on the accumulation of tobacco-specific nitrosamines in stored burley tobacco[J]. J Agric Food Chem, 1989, 37 (5): 1372-1377
- [9] 佟道儒. 烟草育种学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1997: 141-227
- [10] 李宗平, 李进平, 史宏志, 等. 白肋烟生物碱和烟碱转化率的配合力及遗传力的研究 [J]. 中国烟草学报, 2006, 12 (6): 23-24

(收稿日期: 2017-02-20)

用大豆种植面积逐年加大,而且生产地区从闽东南沿海主产区辐射推广到闽西、闽北地区。闽豆5号系福建省农业科学院作物研究所选育的菜用型春大豆品种,2011年2月通过福建省品种审定(闽审豆2011001),适宜福建省大豆产区种植推广。近年来,福建省大田县引进了闽豆5号在本地示范种植,表现株型收敛,结荚以中部为主,荚型宽直,大荚大粒,白毛,子粒外观鲜绿,口感甜糯,适合菜用与加工出口,取得了较好的成效。由于种植菜用大豆不同于粒用大豆,更不能根据当地传统大豆种植习惯。本文初步探讨了在闽西北生态条件下闽豆5号的优化栽培措施,以指导该地区大豆生产,提高种植大豆效益,增加农民收入。

1 材料与方法

1.1 试验材料与试验设计 供试材料为菜用型大豆品种闽豆5号。试验于2016年春季在福建省三明市大田县均溪镇周田村进行,试验地前作为冬闲田,土质为红黄壤黄底灰土。耕层土壤有机质24.90g/kg,碱解氮116mg/kg,有效磷76.80mg/kg,速效钾76.00mg/kg,pH值6.00,地力均匀。种植方式采取“窄畦双行穴播”,即双行种植,畦长14.82m、宽(含沟)0.90m,试验四周种植同一品种保护行。人工穴播,每穴播3粒,留苗2株。

试验以鲜荚产量(Y)为目标函数,以纯N(X_1)、 P_2O_5 (X_2)、 K_2O (X_3)、种植密度(X_4)等4个因素为试验因子,采用四因素二次回归正交旋转组合设计^[2],试验处理组合的小区数共23个,随机排列,小区面积13.34m²。统计时按四因素(1/2)实施要求,小区鲜荚产量折算成每hm²鲜荚产量。试验因子及编码见表1。

表1 试验因子水平及编码

| 编码 | 因子水平 | | | |
|--------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | X_1 | X_2 | X_3 | X_4 |
| | (kg/hm ²) | (kg/hm ²) | (kg/hm ²) | (万株/hm ²) |
| 1.682 | 225.0 | 450.0 | 225.0 | 30.0 |
| 1 | 180.0 | 360.0 | 180.0 | 27.0 |
| 0 | 112.5 | 225.0 | 112.5 | 22.5 |
| -1 | 45.0 | 90.0 | 45.0 | 18.0 |
| -1.682 | 0 | 0 | 0 | 15.0 |
| 变动间距 | 67.5 | 135.0 | 67.5 | 4.5 |

1.2 试验方法 2016年3月30日播种,播种前结合整地撒施基肥,氮肥用尿素(N 46.4%),纯N量按

基肥、追肥比例为30%、70%施用;磷肥用钙镁磷(P_2O_5 12%),钾肥用硫酸钾(K_2O 50%),磷钾肥均作为基肥一次性全部施用。田间管理与大田生产相同。4月5日出苗,4月12日定苗,4月29日结合中耕撒施追肥,5月4日始花,6月28日人工采收鲜荚。采收前每小区随机取样10株考种,考查株高、茎粗、有效分枝数、底荚高度、单株有效荚数、百粒鲜重、单株鲜荚重等相关农艺性状和经济性状。试验小区鲜荚产量换算成每hm²产量,并应用DPS数据处理系统(Data Processing System)进行计算机统计和Duncan's新复极差检验各变异来源的显著性。

2 结果与分析

2.1 产量结果及数学模型的解析和寻优 根据试验产量结果(表2),经数据处理软件统计,得出春大豆闽豆5号鲜荚产量(Y)与各因素间的回归模型为: $Y=9764.630+197.755X_1+123.566X_2+140.576X_3+91.367X_4-119.905X_1^2+3.962X_2^2-31.587X_3^2-134.401X_4^2-121.375X_1X_2-85.275X_1X_3-58.863X_1X_4-58.863X_2X_3-85.275X_2X_4-121.375X_3X_4$ 。

表2 四因素二次回归正交旋转组合设计产量结果

| 试验编号 | X_1 | X_2 | X_3 | X_4 | 鲜荚产量 (kg/hm ²) |
|------|--------|--------|--------|--------|-------------------------------|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 9600.8 |
| 2 | 1 | 1 | -1 | -1 | 9634.1 |
| 3 | 1 | -1 | 1 | -1 | 9821.4 |
| 4 | 1 | -1 | -1 | 1 | 9854.9 |
| 5 | -1 | 1 | 1 | -1 | 9793.2 |
| 6 | -1 | 1 | -1 | 1 | 9615.4 |
| 7 | -1 | -1 | 1 | 1 | 9513.9 |
| 8 | -1 | -1 | -1 | -1 | 8394.1 |
| 9 | -1.682 | 0 | 0 | 0 | 9031.9 |
| 10 | 1.682 | 0 | 0 | 0 | 9689.6 |
| 11 | 0 | -1.682 | 0 | 0 | 9524.3 |
| 12 | 0 | 1.682 | 0 | 0 | 9897.9 |
| 13 | 0 | 0 | -1.682 | 0 | 9405.7 |
| 14 | 0 | 0 | 1.682 | 0 | 9815.4 |
| 15 | 0 | 0 | 0 | -1.682 | 9228.9 |
| 16 | 0 | 0 | 0 | 1.682 | 9410.6 |
| 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9882.6 |
| 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9799.7 |
| 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9842.3 |
| 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9715.4 |
| 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9692.2 |
| 22 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9882.1 |
| 23 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9689.8 |

为了检验上述方程与实际生产情况的拟合度,通过 DPS 软件对方程进行方差分析与显著性检验(表 3)。从表 3 可知, $F_1=4.805 < F_{0.05}=5.14$,即失拟检验结果不显著,说明回归方程与实际情况拟合较好。 $F_2=12.058 > F_{0.01}=5.56$,即回归方程检验结果达极显著水平,说明该回归方程有效,可用于寻求目标函数的最优解。目标函数为非线性函数,在 $-1.682 \leq X \leq 1.682$ 水平范围内,计算闽豆 5 号的增产潜力,当 $X_1=0$ 、 $X_2=1.682$ 、 $X_3=1.682$ 、 $X_4=-1$ 时,为产量最高值的各因素组合,即当每 hm^2 需纯氮 112.5kg、五氧化二磷 450.0kg、氧化钾 225.0kg、种植密度 18.0 万株/ hm^2 时,闽豆 5 号产量达最高,鲜荚产量达 10164.15kg。

表 3 试验产量方差分析

| 变异来源 | 平方和 | 自由度 | 均方 | F 值 | 显著水平 |
|----------|-------------|-----|------------|-----------------|---------|
| X_1 | 534080.701 | 1 | 534080.701 | 36.529** | 0.00031 |
| X_2 | 208519.200 | 1 | 208519.200 | 14.262** | 0.00542 |
| X_3 | 269882.739 | 1 | 269882.739 | 18.459** | 0.00263 |
| X_4 | 114005.706 | 1 | 114005.706 | 7.798* | 0.02347 |
| X_1^2 | 224247.104 | 1 | 224247.104 | 15.338** | 0.00444 |
| X_2^2 | 557.930 | 1 | 557.930 | 0.038 | 0.84999 |
| X_3^2 | 14176.714 | 1 | 14176.714 | 0.970 | 0.35361 |
| X_4^2 | 282735.569 | 1 | 282735.569 | 19.338** | 0.00229 |
| X_1X_2 | 235710.361 | 1 | 235710.361 | 16.122** | 0.00387 |
| X_1X_3 | 116349.265 | 1 | 116349.265 | 7.958* | 0.02246 |
| X_1X_4 | 55436.729 | 1 | 55436.729 | 3.792 | 0.08737 |
| X_2X_3 | 55436.729 | 1 | 55436.729 | 3.792 | 0.08737 |
| X_2X_4 | 116349.265 | 1 | 116349.265 | 7.958 | 0.02246 |
| X_3X_4 | 235710.361 | 1 | 235710.361 | 16.122** | 0.00387 |
| 回归 | 2468076.459 | 14 | 176291.176 | $F_2=12.058$ ** | 0.00004 |
| 剩余 | 116965.811 | 8 | 14620.726 | | |
| 失拟 | 72005.051 | 2 | 36002.525 | $F_1=4.805$ | 0.0426 |
| 误差 | 44960.760 | 6 | 7493.460 | | |
| 总和 | 2585042.344 | 22 | | | |

* 表示 $P < 0.05$, ** 表示 $P < 0.01$

2.2 鲜荚产量的效应分析

2.2.1 各因子的主效应分析 由于本试验设计具有正交性,设计时经过无量纲线性编码代换,变异来源之间是相互独立的,且各偏回归系数也通过标准化,因此,各因子对目标性状的影响可直接根据其偏回归系数大小进行比较分析,偏回归系数绝对值的大

小反映了该变异来源对试验结果影响的大小。对一次项偏回归系数进一步进行 F 检验,结果均达显著或极显著水平。该方程与实际情况拟合得较好,因此不剔除回归系数而用其进行优化分析,预测鲜荚产量和筛选最优栽培方案。从回归模型中可以看出, X_1 (纯氮)、 X_2 (五氧化二磷)、 X_3 (氧化钾)、 X_4 (种植密度)等 4 因子的一次项偏回归系数分别为 197.755、123.566、140.576、91.367,表明 4 个因子对鲜荚产量的作用大小依次为:纯氮>氧化钾>五氧化二磷>种植密度,即以氮肥的作用最明显,其次是钾肥,再者为磷肥,种植密度影响效果最小。通过降维法将该回归数学模型中其他自变量的取值为 0,得出各单因子与鲜荚产量的二次函数的关系式分别为:

纯氮用量: $Y_1=9764.630+197.755X_1-119.905X_1^2$;

五氧化二磷用量: $Y_2=9764.630+123.566X_2+3.962X_2^2$;

氧化钾用量: $Y_3=9764.630+140.576X_3-31.587X_3^2$;

种植密度: $Y_4=9764.630+91.367X_4-134.401X_4^2$ 。

由于二次回归正交旋转组合设计试验的正交性,消除了各偏回归系数间的相关性,因此,作出 4 个因子与鲜荚产量的关系图(图 1)。

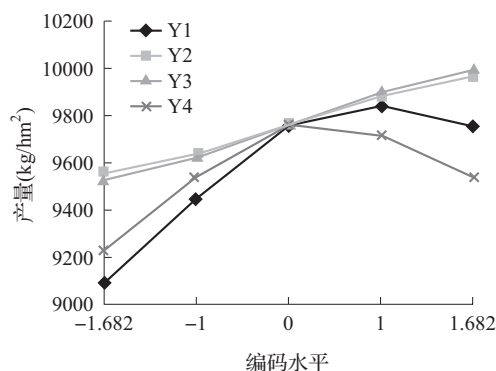


图 1 4 个栽培因素的产量效应比较

图 1 表明,在 $-1.682 \leq X \leq 1.682$ 水平范围内,施磷钾肥的增产效果较明显,当 $X_2=1.682$ 、 $X_3=1.682$ 时,鲜荚每 hm^2 产量分别高达 9983.68kg 和 9911.72kg;在 $-1.682 \leq X \leq 1$ 水平范围内,增施氮肥和增加种植密度也有明显的增产趋势,增施到一定数量后鲜荚产量反而下降。通过一元二次方程导数求极值点,当 $X_1=0.825$ 时, $Y_1=9846.17\text{kg}/\text{hm}^2$;当 $X_4=0.340$ 时, $Y_4=9780.16\text{kg}/\text{hm}^2$ 。但当分别超过

这2个极值点后,鲜荚产量均呈下降的趋势,表明氮肥用量和种植密度均以适度为佳。此结果与唐永晖^[3]、林国强等^[4]研究结果类似。

2.2.2 互作效应分析 表3还表明,氮肥与磷肥、氮肥与钾肥、钾肥与密度都还存在着互作效应,在 $-1.682 \leq X \leq 1.682$ 水平范围内,低氮、磷、钾肥及低密度时产量低,互作效应不明显,对产量影响不大,随着各因素水平的增加,产量也逐渐增加。但磷肥增加到一定量时,再增加氮肥或磷肥,产量均下降。当钾肥增加到一定量时,再增加氮肥或钾肥,产量均下降。当钾肥增加到一定量时,再单方面增加密度或钾肥,产量均下降。可见,只有在一定的密度条件下,增加钾施用量,才有明显的增产作用。同样,在一定的钾肥条件下,增加种植密度才有增产效果。这进一步说明,在当地生产条件下,特别是低钾水平土壤上,种植闽豆5号品种应强调增施磷钾肥、限施

氮肥、控制种植密度,才能获得较高的产量。

2.2.3 最佳农艺组合措施分析 大豆鲜荚产量结果是各栽培因子综合作用的结果,各栽培因子之间还存在一定的互作效应。因此,可以通过各因素组合寻优,了解最佳栽培措施方案,采用频数法模拟得到的625(5⁴)套组合中,闽豆5号鲜荚每hm²产量在9800kg以上有118个组方案,其频数取值范围及决策变量见表4。表4表明,在各项大豆栽培管理措施配合下,每hm²施纯氮141.26~162.99kg、五氧化二磷201.92~266.58kg、氧化钾133.70~163.80kg,种植密度21.38万~22.90万株/hm²的综合农艺措施组合方案下,闽豆5号鲜荚产量可达9800kg以上。根据近年来的该品种生产验证,此方案与实际大抵相近。本试验再次证明了菜用型大豆新品种闽豆5号较耐肥特点,在本地区生产上应该重视增施磷钾肥,控制氮肥施用量。

表4 闽豆5号产量在9800kg/hm²以上的综合农艺措施

| 项目 | X ₁ | | X ₂ | | X ₃ | | X ₄ | |
|----------------|---------------------------------|-------|---------------------------------|-------|---------------------------------|-------|--------------------------------|-------|
| | 次数 | 频率 | 次数 | 频率 | 次数 | 频率 | 次数 | 频率 |
| -1.682 | 4 | 0.034 | 26 | 0.220 | 17 | 0.144 | 11 | 0.093 |
| -1 | 11 | 0.093 | 23 | 0.195 | 12 | 0.102 | 28 | 0.237 |
| 0 | 31 | 0.263 | 16 | 0.136 | 15 | 0.127 | 46 | 0.390 |
| 1 | 50 | 0.424 | 21 | 0.178 | 30 | 0.254 | 27 | 0.229 |
| 1.682 | 22 | 0.186 | 32 | 0.271 | 44 | 0.373 | 6 | 0.051 |
| 总和 Σ | 118 | 1 | 118 | 1 | 118 | 1 | 118 | 1 |
| 编码平均 \bar{x} | 0.587 | | 0.069 | | 0.537 | | -0.080 | |
| 标准误 S_x | 0.082 | | 0.122 | | 0.114 | | 0.086 | |
| 95% 置信域 | 0.426~0.748 | | -0.171~0.308 | | 0.314~0.760 | | -0.248~0.088 | |
| 农艺措施 | 141.26~162.99kg/hm ² | | 201.92~266.58kg/hm ² | | 133.70~163.80kg/hm ² | | 21.38万~22.90万株/hm ² | |

2.3 施肥量、种植密度对闽豆5号鲜荚产量及其构成因素的影响 从表5可知,在高氮水平、其他三因素为中等水平下,与不施氮相比,增加了单株分枝数、单株有效荚数、单株荚重,但百粒鲜重明显下降了。在高磷或高钾肥下,与不施磷钾肥相比,表现在增加了单株有效荚数、单株荚重和百粒鲜重,表明菜用大豆闽豆5号较耐磷钾肥。高低种植密度处理相比,高密度的处理单株分枝数较少,主茎节数和单株有效荚数较多,百粒鲜重较小,但低密度群体株数少,群体产量就较低,中等密度水平的处理较佳,既发挥个体优势,又保证群体株数。本省传统大豆

栽培方法粗放,当地大豆生产上不施氮肥、少施磷钾肥、种植密度过大现象较普遍,因此产量水平较低。

本试验研究结果表明,大田县旱地黄底灰土条件下,增施磷钾肥、限施氮肥、控制种植密度是闽豆5号增产的有效栽培措施。大豆虽然是豆科作物,但前期不施氮肥,根瘤菌固氮作用微弱,生长缓慢,苗弱。过量施用氮肥,容易造成植株徒长,加重病虫害发生,降低大豆鲜荚产量。种植密度过大,或不间苗,容易造成田间郁闭、通风性差、植株个体生长空间受到严重限制、个体与群体生长不协调。另外,不施或少施磷钾肥、也不中耕松土,植株营养缺乏、茎

表5 闽豆5号产量及其产量构成因素

| 处理 | 水平 | 主茎节数 | 单株分枝数 | 单株有效荚数 | 鲜百粒重(g) | 单株荚重(g) | 理论鲜荚产量(kg/hm ²) | 实际鲜荚产量(kg/hm ²) |
|--------|--------|------|-------|--------|---------|---------|-----------------------------|-----------------------------|
| 未施氮 | -1.682 | 8.9 | 2.8 | 21.7 | 77.96 | 46.0 | 10350.0 | 9031.9 |
| 高施氮 | 1.682 | 8.8 | 3.5 | 28.9 | 68.67 | 52.0 | 11700.0 | 9689.6 |
| 未施磷 | -1.682 | 9.0 | 3.5 | 20.9 | 72.60 | 46.94 | 10561.5 | 9524.3 |
| 高施磷 | 1.682 | 9.2 | 3.4 | 27.3 | 81.16 | 54.81 | 12332.3 | 9897.9 |
| 未施钾 | -1.682 | 8.8 | 2.8 | 19.7 | 77.90 | 45.18 | 10165.5 | 9405.7 |
| 高施钾 | 1.682 | 8.3 | 2.8 | 23.7 | 83.29 | 53.60 | 12060.0 | 9815.4 |
| 低密度 | -1.682 | 8.9 | 3.9 | 20.0 | 84.67 | 51.01 | 9751.5 | 9228.9 |
| 高密度 | 1.682 | 9.4 | 3.3 | 25.0 | 59.52 | 43.34 | 11477.3 | 9410.6 |
| 因素中量组合 | 0 | 9.2 | 3.2 | 22.2 | 77.17 | 51.56 | 11601.0 | 9526.54 |

秆细弱、抗病抗逆能力都降低,容易引起大量落花落荚甚至倒伏,这些因素会导致大豆鲜荚产量在低水平下徘徊。据研究,钾素能促进大豆蛋白质和糖类物质的合成,加速新陈代谢,进而使作物茎秆坚硬,增强抗倒伏、抗病、抗寒能力,减少花荚脱落,提高大豆产量^[5-6]。本研究表明,闽豆5号在福建西北部红黄壤旱地生态条件下种植,应合理密植,氮磷钾配合施用,适当增施磷钾肥,少施氮肥,防止植株徒长,以提高大豆鲜荚产量和商品价值。

3 结论与讨论

针对闽西北地区大豆生产种植长期不施肥习惯,开展氮磷钾及种植密度等主要栽培因子研究,旨在探索菜用大豆高产栽培措施,挖掘品种最大生产潜力。本研究初步建立了春大豆品种闽豆5号鲜荚产量与氮、磷、钾肥施用量及种植密度等4项主要栽培因素的回归数学模型。该模型能反映闽豆5号在当地生态条件和中等肥力状况下,鲜荚产量与氮磷钾施用量、种植密度的变化关系,可为该品种在闽西北地区进一步推广应用提供理论参考。

对各栽培因子增产效应分析结果表明,纯氮>氧化钾>五氧化二磷>种植密度,即以氮肥的影响效果最明显,但不宜过高,过高反而可能出现植株徒长、茎叶生长过于旺盛、子粒不饱满、产量下降。其次是钾肥,钾肥增产作用较明显,再者为磷肥,当地土壤为低磷水平,增施磷肥增产也较明显。种植密度影响最小,但其过小或过大,鲜荚产量都较低。鉴于本研究氮肥与磷肥、磷肥与钾肥、钾肥与密度之

间有一定的互作效应,因此,在菜用大豆实际生产中,不能片面强调增施钾肥和磷肥,还必须考虑氮磷钾及种植密度各因子之间的互作效应,协调各因素关系。根据本研究最优栽培方案,以闽豆5号鲜荚每hm²产量在9800kg以上为目标产量,其栽培农艺措施的决策方案是,需纯氮141.26~162.99kg、五氧化二磷201.92~266.58kg、氧化钾133.70~163.80kg,种植密度21.38万~22.90万株/hm²。由此可见,氮肥、磷肥、钾肥和种植密度等各因素都有适当的变幅,在大豆生产水平较高或肥水较好的条件下取低限值,在大豆生产水平较低或肥水较差的条件下取高限值。总之,要结合当地大豆生产实际和土壤条件,以及所使用化肥的实际有效成分含量进行度量。

参考文献

- [1] 徐树传,黄建成,刘德金.南方大豆高产理论与实践[M].福州:福建科学技术出版社,1999:120-126
- [2] 唐启义,冯明光.实用统计分析及其DPS数据处理系统[M].北京:科学出版社,2002:159-163
- [3] 唐永晖.菜用大豆毛豆3号高产农艺措施数学模型研究[J].福建农业学报,2011,26(5):718-722
- [4] 林国强,张轼,滕振勇,等.高蛋白大豆品种福豆234的选育及高产农艺措施数学模型[J].福建农业学报,2005,20(2):69-73
- [5] 董友魁,刘德恒,韩艳红.高油大豆铁豆67号配套栽培技术研究[J].中国种业,2015(2):54-55
- [6] 刘克礼,高聚林,刘砚梅,等.早作大豆综合农艺栽培措施与产量关系模型及产量构成分析[J].大豆科学,2004,23(1):50-54

(收稿日期:2017-02-26)