

春大豆施钼条件下最适氮磷肥施用量研究

唐利忠¹, 朱旺冲¹, 谢宜芝¹, 周 舰¹, 雷干农¹, 李小红^{2*}

(1. 永州市农业科学研究所, 湖南 永州 425100;

2. 湖南省农业科学院作物研究所, 湖南 长沙 410125)

摘 要: 缺乏高效的养分管理技术体系, 一直是制约永州地区富硒大豆产业发展的重要因素。为优化春大豆钼肥拌种条件下氮、磷肥运筹, 提高养分利用效率和产量, 以“湘春豆 V8”为材料, 通过大田小区试验探究不同氮肥和磷肥施用水平组合对春大豆产量和产量构成、干物质和养分累积量, 以及养分利用效率的影响。结果表明, (1) 单独采用钼肥拌种能显著提高大豆单株有效分枝数和荚果数, 增幅分别达 71.4% 和 10.0%; 显著提高大豆的生物产量和地上部分氮素累积量, 增幅分别达 17.8% 和 22.9%。(2) 处理 MN1P2 (80 g/100 kg 钼肥拌种 +45 kg/hm² 尿素 +300 kg/hm² 钙镁磷肥) 和处理 MN2P1 (80 g/100 kg 钼肥拌种 +75 kg/hm² 尿素 +150 kg/hm² 钙镁磷肥) 产量分别达 2675.64 和 2576.49 kg/hm²; 两处理氮肥农学利用率、氮肥吸收利用率、磷肥利用率、磷利用效率分别为 35.15 和 20.97 kg/kg、181.15% 和 111.53%、14.28% 和 15.94%、319.69 和 450.55 kg/kg。(3) 相较于当地常规施肥措施 (75 kg/hm² 尿素 +450 g/hm² 钙镁磷肥), MN1P2 和 MN2P1 两处理施氮、磷肥减施幅度分别达 40%、50% 和 0%、66.7%。永州贫钼地区春大豆钼肥拌种前提下, 氮、磷施用量为 45 kg/hm² 尿素 +300 kg/hm² 钙镁磷肥或 75 kg/hm² 尿素 +150 kg/hm² 钙镁磷肥, 可在减施氮磷肥的基础上, 获得较高的产量和提高大豆养分利用率。

关键词: 春大豆; 钼肥拌种; 氮磷施用量; 产量

永州市位于湖南南部, 其大豆主产地土壤类型多为酸性红壤, 土壤“富硒贫钼”现象突出, 土壤钼含量仅为 0.05 ~ 0.1 mg/kg^[1-2]。近年来, 随着永州市“菜篮子”工程和农产品品牌化建设的深入推进, 富硒大豆产业获得长足发展。为进一步提升大豆产量, 钼肥拌种和喷施叶面钼肥成了不少农户实现大豆增产增收的重要手段。

钼肥是大豆固氮酶和硝酸还原酶的重要组成部分, 在贫钼土壤中施用适量钼肥有利于大豆根瘤形成和根瘤菌生长, 提高固氮酶的活性^[3]; 能有效促进大豆根系发育, 增强养分的吸收能力和大豆氮素代谢, 提高大豆籽粒蛋白质含量^[4-7]。然而钼属大豆所需的微量元素, 在贫钼土壤中适量施用虽能有效提升大豆产量^[8], 但相较于氮、磷等大量

元素, 其产量提升幅度则相当有限^[9-10]。研究表明, 施用钼肥能有效促进其它养分协同吸收^[5-6], 据此, 大豆施用钼肥条件下, 是否可以在当地常规施肥 (75 kg/hm² 尿素 +450 g/hm² 钙镁磷肥) 的基础上, 适量减少磷肥、氮肥的施用, 而保持产量不变甚至增产? 前人对钼肥、氮肥和磷肥中单一肥类的施用时期、用量和施用方法已开展全面和深入的研究, 而在贫钼土壤中施用钼肥条件下, 氮肥和磷肥的最佳施用配比还鲜有研究。为此, 本研究拟在钼肥施用条件下, 通过设置不同氮肥和磷肥施用水平, 探究不同氮肥、磷肥水平组合对大豆产量和产量构成以及养分利用的影响, 以期优化养分管理, 健全该地区大豆养分管理技术体系。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验地位于永州市零陵区, 属亚热带季风气候区, 气候温暖且降雨量充足, 全年平均气温为 17.6 ~ 18.6℃, 年均无霜期为 285 ~ 311 d, 年均降水量为 1290 ~ 1900 mm。供试土壤为黏壤土: pH 5.72, 有机质 18.12 g/kg, 全氮 1.31 g/kg, 全磷 0.74 g/kg, 碱解氮 146.27 mg/kg, 速效钾 124.12 mg/kg,

收稿日期: 2020-06-14; 录用日期: 2020-07-11

基金项目: 国家重点研发计划“南方大豆优质高产广适新品种培育”(2017YFD0101500); 永州市本级农业科技平台建设

项目。
作者简介: 唐利忠 (1970-), 男, 湖南桂阳人, 农艺师, 硕士, 主要从事作物高产高效栽培技术研究。E-mail: 975624569@qq.com。

通讯作者: 李小红, E-mail: lxhtbldh@126.com。

有效磷 13.67 mg/kg, 有效钼 0.076 mg/kg, 属严重缺钼土壤。

试验于 2018 年开展, 供试材料为“湘春豆 V8”, 试验采用二因素随机区组设计, 设置不施钼、氮及磷肥空白对照处理 CK 和施用钼肥条件下不同氮、磷水平组合 (表 1), 共 17 个处理, 3

次重复, 种植方式为厢作穴播, 厢面长 3.2 m、宽 2 m、高约 0.05 ~ 0.08 m, 四周开排水沟以防止肥水串灌。每穴播种 3 ~ 4 粒, 播种规格为 20 cm × 40 cm, 每穴留苗 2 株, 留苗密度为 25.01 万株/hm²。大豆于 3 月 30 日播种, 7 月 10 ~ 20 日成熟后收获。

表 1 各处理施肥方式

处理	钼肥 [(NH ₄) ₂ MoO ₄ 98%]			尿素 (N 46.7%)			钙镁磷肥 (P ₂ O ₅ 16%, Mg 2%, Ca 16%)		
	用量 (g/100 kg 大豆)	施用 时期	施用 方式	用量 (kg/hm ²)	施用 时期	施用 方式	用量 (kg/hm ²)	施用 时期	施用 方式
CK	0.00			0.00			0.00		
MN0P0	80.00	播前 1d	拌种	0.00	始花期	条施	0.00	耕前 1d	撒施
MN1P0	80.00	播前 1d	拌种	45.00	始花期	条施	0.00	耕前 1d	撒施
MN2P0	80.00	播前 1d	拌种	75.00	始花期	条施	0.00	耕前 1d	撒施
MN3P0	80.00	播前 1d	拌种	105.00	始花期	条施	0.00	耕前 1d	撒施
MN0P1	80.00	播前 1d	拌种	0.00	始花期	条施	150.00	耕前 1d	撒施
MN1P1	80.00	播前 1d	拌种	45.00	始花期	条施	150.00	耕前 1d	撒施
MN2P1	80.00	播前 1d	拌种	75.00	始花期	条施	150.00	耕前 1d	撒施
MN3P1	80.00	播前 1d	拌种	105.00	始花期	条施	150.00	耕前 1d	撒施
MN0P2	80.00	播前 1d	拌种	0.00	始花期	条施	300.00	耕前 1d	撒施
MN1P2	80.00	播前 1d	拌种	45.00	始花期	条施	300.00	耕前 1d	撒施
MN2P2	80.00	播前 1d	拌种	75.00	始花期	条施	300.00	耕前 1d	撒施
MN3P2	80.00	播前 1d	拌种	105.00	始花期	条施	300.00	耕前 1d	撒施
MN0P3	80.00	播前 1d	拌种	0.00	始花期	条施	450.00	耕前 1d	撒施
MN1P3	80.00	播前 1d	拌种	45.00	始花期	条施	450.00	耕前 1d	撒施
MN2P3	80.00	播前 1d	拌种	75.00	始花期	条施	450.00	耕前 1d	撒施
MN3P3	80.00	播前 1d	拌种	105.00	始花期	条施	450.00	耕前 1d	撒施

1.2 测定项目及方法

1.2.1 成熟期干物质累积

成熟期各处理采用五点法取样 10 株, 将籽粒与其它地上部位 (茎、叶) 分别装袋, 80℃ 烘干至恒重, 分别称量其干物质重。

1.2.2 产量及产量构成

成熟期各处理采用五点法取样 10 株, 带回室内考种, 测定单株有效分枝数、单株有效荚数、每荚粒数、百粒重, 计算理论产量: 理论产量 (kg/hm²) = 单位面积株数 × 单株有效荚数 × 每荚粒数 × 百粒重 / 100 / 1000。对角线法选取长势均匀的 3 个取样点, 每样点收获 1 m² 大豆, 装入网丝带, 晒干脱粒后称重, 测量水分含量, 计算实际产量。实测产量 (W₀) = 称重产量 (W₁) × (1 - 实测水分) / 0.87。

1.2.3 养分含量及利用率

植株含氮量: 连续流动分析仪 (SKALAR San++) 测定植株和籽粒氮、磷含量; 氮 (磷) 累积量 (kg/hm²) = 单位面积地上部植株干物质累积量 × 植株氮 (磷) 含量; 氮肥农学利用率 (kg/kg) = (施氮区作物产量 - 不施氮区作物产量) / 施氮量; 氮肥吸收利用率 (%) = (施氮区植株地上部氮累积量 - 不施氮区植株地上部氮累积量) / 施氮量 × 100; 磷肥利用率 (%) = (施磷区植株地上部磷素累积量 - 未施磷区植株地上部磷素累积量) / 施磷量 × 100; 磷利用效率 (kg/kg) = 单位面积作物籽粒产量 / 单位面积植株地上部磷素累积量。

1.3 数据处理

在 Excel 2010 中进行数据统计分析, 在 SPSS 22.0 中进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 不同施肥组合下大豆产量与产量构成

在不施氮磷条件下,采用钼肥拌种能显著提高大豆单株有效分枝数和荚果数,增幅分别达 71.4% 和 10.0% (表 2),较 CK 处理,单独采用钼肥拌种并不能显著提高大豆产量。在各施磷水平下,提高施氮水平均能明显提高大豆单株有效分枝数和每荚粒数 (MN2P2 除外);随着施氮量的提高,大豆产量和单株有效荚果数均呈先增后降的趋势。而百粒重则更多的表现为对单株有效荚果数和每荚粒数的补偿,在前两者水平较低时,百粒重反而较高。在 0 kg/hm² 施尿素条件下,提高施磷量对大豆单株有效分枝数、单株有效荚果数、每荚粒数、百粒重均无显著影响,而 450 kg/hm² 施磷水平下产量较其他水平处理稍高,且显著高于不施磷肥处理;在其它各施尿素水平下,提高磷肥施用量对各产量构成因素影响并无明显规律,而产量呈现出先增后减的趋势。整体来看,MN1P2、MN2P1 和 MN2P2 处理产量较高,产量构成也较为合理,其产量较单施钼肥处理 (MN0P0) 增幅分别达 52.69%、47.03% 和 45.32%,较 CK 处理产量增幅分别达 53.48%、47.80% 和 46.07%。

表 2 大豆产量及产量构成

处理	单株有效分枝数 (个/株)	单株有效荚果数 (个/株)	每荚粒数 (粒/荚)	百粒重 (g)	实测产量 (kg/hm ²)
CK	0.70g	21.67g	1.86d	18.32a	1743.26g
MN0P0	1.20f	23.83f	1.83d	18.26a	1752.31g
MN1P0	1.27ef	25.50d	1.94cd	18.13b	2153.48e
MN2P0	1.83d	27.67b	2.07bc	18.09bc	2460.37bc
MN3P0	2.27bc	26.17cd	2.14b	18.15b	2394.59c
MN0P1	1.07f	24.17ef	1.85d	18.24a	1885.92fg
MN1P1	1.63de	26.57c	2.01c	18.16b	2330.18cd
MN2P1	2.13cd	28.90ab	2.13b	18.02cd	2576.49ab
MN3P1	2.65ab	25.23de	2.20ab	18.06c	2398.47c
MN0P2	1.16f	24.63ef	1.89d	18.22ab	1878.53fg
MN1P2	1.83d	29.67a	2.12b	18.18ab	2675.64a
MN2P2	2.37b	27.40bc	2.10bc	18.01cd	2546.38ab
MN3P2	2.83a	24.77ef	2.28a	17.93d	2331.48cd
MN0P3	1.47ef	24.53ef	1.88d	18.21ab	2036.31ef
MN1P3	2.43b	27.83b	2.13b	18.10bc	2488.54bc
MN2P3	2.53b	25.50d	2.17ab	18.06c	2348.65c
MN3P3	2.87a	24.06ef	2.25a	18.09bc	2259.67de

注:同列数据后不同小写字母代表在 0.05 水平差异显著 ($P<0.05$)。下同。

2.2 不同施肥组合下大豆氮、磷累积量

在不施氮磷条件下,采用钼肥拌种能显著提高大豆的生物产量和地上部分氮素累积量,增幅达 17.8% 和 22.9%;能提升大豆籽粒产量和地上部分磷素积累,但并不显著 ($P=0.12$);但显著降低了收获指数,降幅达 7.0%。

在各施磷水平下,大豆生物产量、籽粒产量、收获指数、地上部分氮素累积量 (P1 水平除外)、磷素累积量均随施氮量的增加大致呈先增后降的趋势。

在各施氮水平下,大豆生物产量 (N2 水平除外)、籽粒产量、收获指数 (N3 水平除外) 和地上部分氮素累积量均随施磷水平的提高大致呈先增后降的趋势。地上部分磷素累积量则随着施磷水平的提高而显著增加。

表 3 不同施肥组合处理大豆氮、磷累积量

处理	生物产量 (kg/hm ²)	籽粒产量 (kg/hm ²)	收获指数	地上部分氮素累积量 (kg/hm ²)	地上部分磷素累积量 (kg/hm ²)
CK	4276.43f	1846.76g	0.43a	21.65g	1.59f
MN0P0	5038.42e	1991.54fg	0.40bc	26.60f	2.07ef
MN1P0	5526.37d	2243.12e	0.41b	56.35d	2.09ef
MN2P0	6589.73a	2591.38c	0.39c	64.15bc	2.33e
MN3P0	6338.42bc	2542.19cd	0.40bc	62.85c	2.24e
MN0P1	5157.45e	2039.80f	0.40bc	28.42ef	5.88d
MN1P1	5638.90d	2425.59cd	0.43a	60.97c	6.28cd
MN2P1	6551.75a	2774.25ab	0.42ab	67.49ab	6.16cd
MN3P1	6373.54b	2507.10cd	0.39c	67.85ab	6.04cd
MN0P2	5193.10e	2121.23ef	0.41b	31.79e	6.71c
MN1P2	6551.09a	2859.97a	0.44a	69.86a	8.95a
MN2P2	6327.38bc	2591.77c	0.41b	65.97b	7.93b
MN3P2	6254.13c	2532.53cd	0.40bc	64.07bc	7.33bc
MN0P3	5253.91e	2100.29ef	0.40bc	30.92e	8.39ab
MN1P3	6240.13c	2683.40bc	0.43a	65.97b	9.10a
MN2P3	6243.15c	2499.37cd	0.40bc	67.86ab	8.37ab
MN3P3	6172.13c	2449.23d	0.40bc	66.61b	7.80b

2.3 不同施肥组合下大豆氮、磷肥利用效率

如表 4 所示, P0 ~ P1 施磷水平下,氮肥农学利用率随着施氮量的增加呈先增后降的趋势, P2 ~ P3 施磷水平下,随施氮量增加显著降低;氮肥吸收利用率也随着施氮量的增加而显著降低;磷肥利用率随着施氮量的增大呈先增后降的趋势,而磷利用效率

随着施氮量的增大而增大 (P1 水平除外)。不同施氮水平下, 氮肥农学利用率随着施磷量的增加呈先增后降的趋势 (N3 水平除外), 氮肥吸收利用率随着施磷量的增加并无明显规律; 磷肥利用率和磷利用效率均随着施磷量的增加而显著降低 ($P=0.02$)。整体来看, 最高氮肥利用率和最高磷肥利用率错峰出现, 最高氮肥利用率出现在 MN1P2 组合水平, 而最高磷肥利用率出现在 MN1P1 和 MN2P1 组合水平。

表 4 不同施肥组合处理大豆氮、磷利用效率

处理	氮肥农学 利用率 (kg/kg)	氮肥吸收 利用率 (%)	磷肥利用率 (%)	磷利用效率 (kg/kg)
CK	—	—	—	—
MN0P0	—	—	—	—
MN1P0	11.97ef	141.57d	—	—
MN2P0	17.13d	107.21ef	—	—
MN3P0	11.23f	73.94e	—	—
MN0P1	—	—	15.91b	346.62d
MN1P1	18.36d	154.88c	17.45a	386.09c
MN2P1	20.97c	111.53e	15.94b	450.55a
MN3P1	9.53g	80.41h	15.86b	414.92b
MN0P2	—	—	13.98c	316.12f
MN1P2	35.15a	181.15a	14.28c	319.69ef
MN2P2	13.43e	97.60g	11.66d	327.01e
MN3P2	8.39gh	65.83i	10.62e	345.36d
MN0P3	—	—	8.78g	250.31h
MN1P3	27.75b	166.76b	9.73f	294.92g
MN2P3	11.39f	105.47f	8.39g	298.67g
MN3P3	7.12h	72.79e	7.72h	314.18f

3 讨论

钼是大豆必需微量元素, 在贫钼土壤中施用适量钼肥能有效提升大豆干物质累积和后期生长速率^[4], 提升大豆产量^[8]。在之前的研究中, 笔者已对不同钼肥施用方式对大豆增产效果进行了系统的研究, 结果表明, 单施钼肥 (拌种、叶片喷施或同时进行) 能显著提高大豆单株有效分枝数、荚果数、生物产量和氮素累积量, 但对每荚果粒数和百粒重无显著影响, 只略微增加了大豆产量^[11-12]。与前述研究类似, 本研究中相较于 CK 处理, 单独采用钼肥拌种 (MN0P0) 同样能显著提高大豆单株有效分枝数、荚果数, 增

幅分别达 71.4% 和 10.0%, 单独采用钼肥拌种并不能显著提高大豆产量, 这可能与土壤基础钼含量较低, 该施钼水平 (80 g/kg 种子) 依然不能有效缓解大豆缺钼本质有关; 此外, 研究发现大豆施钼需配合诸如根瘤拌种、养分管理^[10]、水分调节等其它农艺管理措施才能实现有效增产。

研究表明, 根瘤固氮量约占大豆氮素需求总量的 25% ~ 75%^[13], 较不施氮肥处理, 施用氮肥能够显著增加大豆株高、叶绿素含量, 促进植株干物质的积累^[14-15]; 施氮量的增加 (0 ~ 75 kg/hm² 氮素水平区间) 可显著提升大豆产量, 产量增幅达 12.50%^[16]; 然而, 过多地施用氮肥虽能提升大豆的生物量总量、根冠比和冠层叶片叶绿素含量^[17-18], 但会导致大豆群体恶化, 秕粒增多, 土壤养分失调, 养分利用率降低, 进而导致产量下降^[19]。本研究在大豆钼肥拌种的前提下, 于各施磷水平下增加施氮量至常规施氮 (105 kg/hm² 尿素) 均能明显提高大豆单株有效分枝数和每荚粒数 (MN2P2 除外); 而随着施氮量的提高, 单株有效荚果数、大豆生物产量、籽粒产量、收获指数、地上部分氮素累积量 (P1 水平除外)、磷素累积量均大致呈先增后降的趋势, 这符合报酬递减规律。说明氮素在大豆营养生长和器官建成方面的作用至关重要; 而施氮过量会直接导致大豆疯长, 群体恶化, 生殖生长受阻, 养分转运降低, 进而导致荚果减少。

研究发现, 较不施磷肥处理, 大豆施磷能显著提高大豆根系性状^[20], 适量追施磷肥可以提高大豆的产量和农艺性状, 改善产量结构, 有效促进养分向籽粒转移, 提高养分利用率^[21]; 然而过高的施磷量却导致大豆根冠比降低, 产量下降^[22]。本研究中, 在各施尿素水平下, 提高施磷量对大豆产量构成均无显著影响, 而产量呈现出先增后减的趋势。这进一步说明磷肥主要是促进根系生长和籽粒营养品质的改善, 适量增施磷肥可以有效改善因施氮量提高而导致的养分不协调问题, 而过高的施磷量则导致根冠比的不协调且降低大豆产量。

本研究发现, 在 0 ~ 150 kg/hm² 施磷水平下, 大豆氮肥农学利用率随着施氮量的增加先增后降, 这与其它中、高磷肥水平 (300 ~ 450 kg/hm²) 下氮肥农学利用率随着施氮量的增加而显著降低这一规律相悖, 结合大豆生物产量和籽粒产量数据来

看,可能是由于大豆在高氮和缺磷胁迫下,生殖生长受阻所致;此外,在 105 kg/hm² 施氮水平下,大豆氮肥农学利用率随着施磷量的增加而降低,这与其它施氮水平下氮肥农学利用率、氮肥吸收利用率随着施磷量的增加呈先增后降的趋势不同,这可能是在高氮水平下增加施磷量导致群体加剧恶化,产量降低所致。

另一方面,与氮素利用效率不同,磷肥利用率和磷利用效率在各施氮水平均随着施磷量的增加而显著降低 ($P=0.02$),这可能与上述磷肥主要是促进根系生长和籽粒营养品质的改善有关,而这还有待进一步研究。总体来看,相较于当地常规施肥措施 (75 kg/hm² 尿素 +450 kg/hm² 钙镁磷肥),MN1P2 (45 kg/hm² 尿素 +300 kg/hm² 钙镁磷肥) 氮、磷肥减幅分别达 40% 和 50%;MN2P1 (75 kg/hm² 尿素 +150 kg/hm² 钙镁磷肥) 磷肥减幅达 66.7%。可见,在钼肥拌种条件下,通过优化氮磷肥配比,可以在减少氮磷肥施用量的基础上,优化大豆产量构成,提高大豆养分利用效率,进而获得高产。

4 结论

结合产量及产量构成、养分利用效率数据来看,在 80 g/100 kg 钼肥拌种量下,MN1P2 (80 g/100 kg 钼肥拌种 +45 kg/hm² 尿素 +300 kg/hm² 钙镁磷肥) 和 MN2P1 (80 g/100 kg 钼肥拌种 +75 kg/hm² 尿素 +150 kg/hm² 钙镁磷肥) 处理产量较高,产量构成也较为合理,养分利用率较高,其产量较单施钼肥处理 MN0P0 (80 g/100 kg 钼肥拌种) 增幅分别达 52.69% 和 47.03%,较 CK 处理产量增幅分别达 53.48% 和 47.80%,是较为合理的施肥方案。

参考文献:

- [1] 吴明才, 肖昌珍. 大豆钼素研究 [J]. 大豆科学, 1994, 13 (3): 245-251.
- [2] 李卫, 周冀衡, 赵松义, 等. 湖南烟区土壤有效态微量元素分布特征及评价 [J]. 湖南农业大学学报 (自然科学版), 2009, 35 (4): 373-377.
- [3] Israel D W, Howard R L, Evans H J, et al. Purification and characterization of the molybdenum-iron protein component of nitrogenase from soybean nodule bacteroids [J]. Journal of Biological Chemistry, 1974, 249 (2): 500-508.
- [4] 张爱媛, 李淑敏, 韩晓光, 等. 根瘤菌与钼肥配施对大豆干物质积累、分配及产量的影响 [J]. 中国农学通报, 2015, 31 (21): 76-81.
- [5] 张雷昌, 汤利, 董艳, 等. 根系互作对间作玉米大豆氮和磷吸收利用的影响 [J]. 南京农业大学学报, 2016, 39 (4): 611-618.
- [6] Campo R J, Araujo R S, Hungria M. Molybdenum-enriched soybean seeds enhance N accumulation, seed yield, and seed protein content in Brazil [J]. Field Crops Research, 2009, 110 (3): 219-224.
- [7] Sale R B, Nazirkar R B. Response of soybean [*Glycine max* (L.) Merill.] yield, nutrient uptake and quality to micronutrients (Zn, Fe and Mo) under, khandesh, region of Maharashtra [J]. Journal of the Institute of Image Information & Television Engineers, 2013, 51 (12): 1986-1988.
- [8] Peng L, Yang Y. Effect of molybdenum or boron application on N, P, K absorption and yield in soybean [J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2000, 22 (3): 57-60, 65.
- [9] 高阳, 章建新, 楚光红, 等. 不同施氮量下春大豆根系生长与花荚形成的关系 [J]. 吉林农业大学学报, 2018, 40 (3): 258-263.
- [10] 高中超, 杜春影, 王翠玲, 等. 心土层施磷对大豆生长性状及产量的影响 [J]. 大豆科学, 2018, 37 (3): 393-398.
- [11] 朱旺冲, 李成业, 吴晓峰, 等. 钼肥施用方式对春大豆“五月黄”农艺性状及产量形成的影响 [J]. 湖南农业科学, 2019 (8): 46-49.
- [12] 吴拓, 杨刘, 降志兵. 钼、锌、硼微量元素对大豆产量和品质的影响 [J]. 南方农业, 2015, 9 (31): 6-8.
- [13] 宋秀丽. 不同氮肥施用量对大豆生长状况的影响 [J]. 黑龙江农业科学, 2015 (6): 39-43.
- [14] 姬月梅, 罗瑞萍, 赵志刚, 等. 不同施氮量及施氮方式对大豆根瘤生长及产量的影响 [J]. 大豆科学, 2017, 36 (6): 887-893.
- [15] 司玉坤, 齐欣, 武庆慧, 等. 氮、磷肥用量对豫中地区大豆产量、干物质及经济效益的影响 [J]. 中国农学通报, 2019, 35 (15): 30-34.
- [16] 申晓慧. 不同氮肥施用量对大豆根际土壤微生物数量及产量的影响 [J]. 大豆科学, 2016, 33 (2): 284-286.
- [17] 张含彬, 伍晓燕, 杨文钰. 氮肥对套作大豆干物质积累与分配的影响 [J]. 大豆科学, 2006, 25 (4): 404-409.
- [18] 申晓慧, 姜成, 张敬涛, 等. 不同氮肥水平下大豆叶片光谱反射率与叶绿素含量的相关性研究 [J]. 大豆科学, 2012, 31 (1): 73-75, 80.
- [19] 关大伟, 李力, 姜昕, 等. 长期施肥对黑土大豆根瘤菌群体结构和多样性的影响 [J]. 生物多样性, 2015, 23 (1): 68-78.
- [20] 金剑, 王光华, 刘晓冰, 等. 不同施磷量对大豆苗期根系形态性状的影响 [J]. 大豆科学, 2006, 25 (4): 360-364.
- [21] 孙铭婕, 诸葛玉平, 娄燕宏, 等. 追施磷肥对大豆产量及养分富集特性的影响 [J]. 江西农业学报, 2018, 30 (4): 20-24.
- [22] 吴俊江, 王金生, 刘丽君, 等. 供磷水平对不同磷效率基因型大豆生物量积累及分配影响 [J]. 大豆科学, 2015, 34 (6): 1020-1023, 1028.

Study on optimum rates of nitrogen and phosphorus under the condition of molybdenum application in spring soybean

TANG Li-zhong¹, ZHU Wang-chong¹, XIE Yi-zhi¹, ZHOU Jian¹, LEI Gan-nong¹, LI Xiao-hong^{2*} (1. Yongzhou Institute of Agricultural Sciences, Yongzhou Hunan 425100; 2. Crop Research Institute of Hunan Academy of Agricultural Sciences, Changsha Hunan 410125)

Abstract: Lacking of efficient nutrient management technology system had always been an important factor that restricting the development of selenium rich soybean industry in Yongzhou. To optimize the nitrogen and phosphorus managements under the condition of seed dressing with molybdenum fertilizer, and to improve the nutrient use efficiency and yield of spring soybean, the effects of different combinations of nitrogen and phosphorus rates on yield and yield formation, dry matter and nutrient accumulations and nutrient use efficiency with paddy field plot scale experiment by “Xiangchundou V8” as material, were investigated. The results indicated that (1) Seeds dressing with molybdenum fertilizer alone significantly increased the effective branches and pods per soybean plan by 71.4% and 10.0%, respectively; and increased the biomass and nitrogen significant accumulation of above ground part of soybean by 17.8% and 22.9%, respectively. (2) The yields of treatment MN1P2 (80 g/100 kg molybdenum fertilizer +45 kg/hm² urea +300 kg/hm² calcium magnesium phosphate fertilizer) and treatment MN2P1 (80 g/100 kg molybdenum fertilizer +75 kg/hm² urea +150 kg/hm² calcium magnesium phosphate fertilizer) achieved 2675.64 and 2576.49 kg/hm², respectively. Moreover, nitrogen agronomic use efficiency, nitrogen absorption utilization rate, phosphorus utilization rate and phosphorus use efficiency were 35.15 and 20.97 kg/kg, 181.15% and 111.53%, 14.28% and 15.94%, 319.69 and 450.55 kg/kg, respectively. (3) Compared with the local conventional fertilization measures (75 kg/hm² urea +450 kg/hm² calcium magnesium phosphate fertilizer), MN1P2 and MN2P1 achieved 40% and 50%, 0% and 66.7% reduction of nitrogen and phosphorus application. It can be concluded that under the condition of spring soybean seed dressing with molybdenum fertilizer in field where lacking molybdenum in Yongzhou, applied nitrogen and phosphorus fertilizer rates by 45 kg/hm² urea +300 kg/hm² calcium magnesium phosphate fertilizer or 75 kg/hm² urea +150 kg/hm² calcium magnesium phosphate fertilizer, could gain higher yield and improve nutrient utilization efficiency on the basis of nitrogen and phosphorus fertilizer reduction application.

Key words: spring soybean; seed dressing with molybdenum fertilizer; nitrogen and phosphorus rates; yield