



李冰,刘雅,蔡光容,等. 磷肥对大豆农艺性状、光合特性及产量的影响[J]. 黑龙江农业科学,2019(10):22-27.

# 磷肥对大豆农艺性状、光合特性及产量的影响

李 冰<sup>1</sup>, 刘 雅<sup>1</sup>, 蔡光容<sup>1,2</sup>, 齐德强<sup>1</sup>, 奚婷婷<sup>3</sup>, 郑殿峰<sup>1,2</sup>, 冯乃杰<sup>1</sup>

(1. 黑龙江八一农垦大学 农学院, 黑龙江 大庆 163319; 2. 国家杂粮工程技术研究中心, 黑龙江 大庆 163319; 3. 青冈县气象局, 黑龙江 绥化市 151600)

**摘要:**为促进磷肥推广应用及提高大豆产量,以黑河 43 为试验材料,于 2017 年在黑龙江省九三管理局鹤山农场试验基地进行施磷对大豆农艺性状、光合特性及产量影响的研究。结果表明:鼓粒期 D1[富硫磷二铵( $581.56 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ ) + 尿素( $78.17 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ ) + 氯化钾( $225.11 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ ),总养分( $\text{N} + \text{P}_2\text{O}_5$ )  $\geq 54.0\%$ 、 $14\%$ – $40\%$ – $0\%$ ,其中,总 S  $\geq 10\%$ ]和 D2[硝基黄腐酸二铵( $553.86 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ ) + 尿素( $75.75 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ ) + 氯化钾( $225.11 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ ),总养分( $\text{N} + \text{P}_2\text{O}_5$ )  $\geq 57.0\%$ 、 $15\%$ – $42\%$ – $0\%$ ,其中,黄腐酸  $\geq 2\%$ ]处理的大豆株高、茎粗、地上部单株干物质积累量均高于 CK,其中以 D2 处理较好。在鼓粒期,D2 处理的大豆叶片 SPAD 值、净光合速率和气孔导度均显著高于 CK。在鼓粒期,D2 处理通过提高大豆叶片叶绿素含量和净光合速率,调控了大豆叶片同化物质的积累,从而提高了大豆产量。

**关键词:**大豆;磷肥;农艺性状;光合特性;产量

大豆生长发育过程对氮、磷、钾、等元素的需求量较多<sup>[1]</sup>。其中磷是植株生长发育不可或缺的元素,对产量的形成有一定的促进作用。磷以多种途径参与植物体内的生理代谢过程<sup>[2-3]</sup>。磷的吸收和积累对大豆的生长和产量起着决定性的作用,因此,研究磷肥对大豆的农艺性状、光合特性及产量的影响,从这三方面来挖掘磷肥增产的作用机理,为磷肥的合理施用提供理论依据,具有重要的意义。蔡柏岩等<sup>[4]</sup>研究表明,施磷量对不同大豆品种植株及各器官磷含量有较大影响。

贺振昌<sup>[5]</sup>试验结果表明,出苗期至结荚期磷积累量明显加快。吴明才等<sup>[6]</sup>研究表明,供磷充足情况下,大豆磷素积累高峰出现在结荚期、鼓粒期。磷在大豆植株体内是可以移动的并且能够再利用。即使盛花期停止了磷的供应,也不会严重影响产量。磷素能够改善大豆植株内部生理特性,而且还会对植株表型特征产生一定的影响。缺磷可导致植物细胞分裂、光合速率降低、植株矮化、叶片小<sup>[7]</sup>,抑制植株的生长和根系固氮能力<sup>[8]</sup>。梁银丽等<sup>[9]</sup>对小麦的研究指出,磷能有效

改善植物体内水分平衡关系,促进根系吸收等作用,从而提高光合利用率。光合作用是干物质主要来源<sup>[10]</sup>,光合速率高低是决定大豆品种能否有较高产量的直接原因之一<sup>[11-13]</sup>。Ashley 等<sup>[14]</sup>和 Morrison 等<sup>[15]</sup>研究得出,大豆产量和光合速率之间的关系呈显著正相关。在一定范围内,磷肥可显著影响大豆植株干物质积累的规律,磷肥的合理施用可以显著地促进大豆植株体内碳水化合物运输,有利于增加大豆植株干物质积累量、叶绿素含量及光合产物的转运和营养物质的再分配,可提高大豆产量<sup>[16]</sup>。在生育期间磷肥充足的施入,可以加速光合磷酸化过程,促进叶片营养物质的运输,提高大豆干物质的积累与分配及光合能力<sup>[17-18]</sup>。因此,本研究分析了施用磷肥对大豆的农艺性状、光合特性及产量的影响,旨在为磷肥的推广应用及提高大豆产量提供理论科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验于 2017 年在黑龙江省九三管理局鹤山农场试验基地进行。有效积温在  $2\ 000 \sim 2\ 300\ ^\circ\text{C}$ ,无霜期在  $115 \sim 120\ \text{d}$ ,年降雨量  $500 \sim 600\ \text{mm}$ 。土壤类型为黑土, $0 \sim 20\ \text{cm}$  耕层土壤基础养分状况:碱解氮  $141.8\ \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,有效磷  $81.21\ \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,速效钾  $180.00\ \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,pH 6.30,有机质  $1.34\ \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

收稿日期:2019-04-27

基金项目:黑龙江省自然科学基金重点项目(ZD2017003);黑龙江省农垦总局重点科研计划(HNK135-02-06)。

第一作者简介:李冰(1992-),女,在读硕士,从事大豆化学调控研究。E-mail:2455178052@163.com。

通讯作者:郑殿峰(1969-),男,博士,教授,从事作物化控及大豆生理研究。E-mail:byndzdf@126.com。

## 1.2 材料

选用当地主栽大豆品种黑河 43 为试验材料,生育期约 113 d,由黑龙江省九三管理局鹤山农场垦丰种业提供。

1.2.1 供试肥料 普通磷酸二铵、尿素、氯化钾、富硫磷二铵、硝基黄腐酸二铵,由云天化东北分院提供。

## 1.3 方法

1.3.1 试验设计 本试验采用大田方法,完全随机区组设计。共设 3 个处理,CK:普通二铵( $505.7\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ )+尿素( $58.47\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ )+氯化钾( $225.11\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ ),总养分( $\text{N}+\text{P}_2\text{O}_5$ ) $\geq 64.0\%$ 、 $18\%-46\%-0\%$ ;D1:富硫磷二铵( $581.56\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ )+尿素( $78.17\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ )+氯化钾( $225.11\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ ),总养分( $\text{N}+\text{P}_2\text{O}_5$ ) $\geq 54.0\%$ 、 $14\%-40\%-0\%$ ,其中,总 S $\geq 10\%$ ;D2:硝基黄腐酸二铵( $553.86\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ )+尿素( $75.75\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ )+氯化钾( $225.11\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ ),总养分( $\text{N}+\text{P}_2\text{O}_5$ ) $\geq 57.0\%$ 、 $15\%-42\%-0\%$ ,其中,黄腐酸 $\geq 2\%$ 。保证各处理 N、P、K 用量一致。挑选大小均匀一致的种子,于 5 月 24 日进行播种,4 个处理,4 次重复,垄宽 0.65 m,小区为 6 行区,行长 5 m,区间过道 0.5 m,小区面积为  $19.5\text{ m}^2$ ,共 16 个区。各项田间管理同大田。

1.3.2 测定项目及方法 形态指标的测定:株高、干物质量从始花期、盛花期、始荚期、始粒期、鼓粒期取样,共取 5 次,每次选取 12 株,带回室内,选择长势均匀一致的 10 株进行形态指标的测定,将叶片、叶柄、籽粒、荚皮分开包装,在  $105\text{ }^{\circ}\text{C}$  烘箱中杀青半小时,在  $65\text{ }^{\circ}\text{C}$  下烘干称重。

叶绿素含量的测定:于大豆鼓粒期,采用 SPAD-502 型叶绿素仪测定大豆功能叶片(倒三叶)的 SPAD 值,每个处理测定 4 株,4 次重复,取平均值。

光合参数的测定:于大豆鼓粒期,选择生长一致的大豆功能叶片(倒三叶),用 CID-340 便携式光合测定仪测定叶片的净光合速率、蒸腾速率、气孔导度和胞间  $\text{CO}_2$  浓度,每个处理测定 4 株,4 次重复,取平均值。

产量及产量构成因素的测定:于大豆完熟期进行收获。收获时每个小区选取  $1\text{ m}^2$  的大豆植株,从中选取具有代表性的大豆植株 10 株进行产量及产量构成因素的测定,采用直接测量法测量其

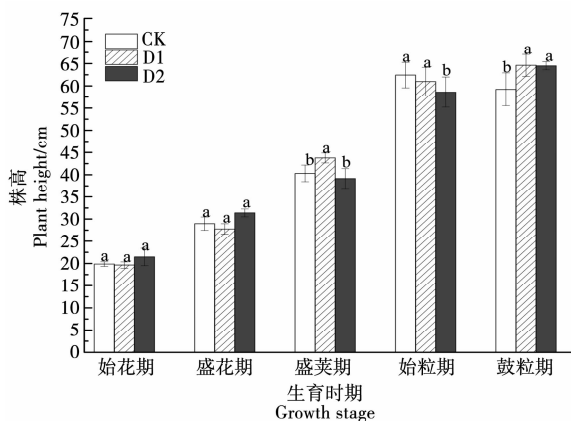
单株荚数、单株粒数和百粒重。产量( $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ )=单株粒数 $\times$ 百粒重( $\text{g}$ ) $\times$ 公顷株数/100000。

1.3.3 数据分析 采用 Microsoft Excel 2013 进行数据整理,用统计分析软件 SPSS19 对数据进行方差分析,并采用 Origin 9.1 软件绘图。

## 2 结果与分析

### 2.1 磷肥对形态指标的影响

2.1.1 磷肥对大豆株高的影响 如图 1 可知,施用磷肥对大豆株高所表现的动态变化呈逐渐上升的趋势。可以看出,在始花期,D1 和 D2 处理下的大豆株高与 CK 相比无显著性差异,且表现为  $\text{D2}>\text{CK}>\text{D1}$ 。在盛花期,D2 处理下的大豆株高略高于 CK,且无显著性差异。在盛荚期,D1 处理的大豆株高与同期 CK 相比差异显著,D2 处理与 CK 相比无显著性差异。随着生育进程的推进,在鼓粒期,D1 处理和 D2 处理下的大豆株高与 CK 相比分别高 9.1% 和 8.2%。说明 D1 和 D2 处理都有提高大豆株高的作用。



同期内标以不同字母的值在  $P=0.05$  水平上差异显著。下同。

Different letter in the same period indicate significant difference at 0.05 level. The same below.

图 1 磷肥对大豆株高的影响

Fig. 1 Effect of phosphate fertilizer on soybean plant height

2.1.2 磷肥对大豆茎粗的影响 由图 2 可知,在始花期,D1 处理和 D2 处理下的大豆茎粗显著低于 CK。在盛花期,D2 处理下的大豆茎粗显著高于 CK,与 CK 相比增加了 42.73%,而 D1 处理的大豆茎粗与 CK 相比无显著性差异,且略高于 CK。在盛荚期,D1 处理下的大豆茎粗显著高于 CK,而 D2 处理的大豆茎粗与 CK 相比无显著性差异。随着生育进程的推进,在始粒期,D1 处理

和 D2 处理下的大豆茎粗与 CK 相比无显著差异。在鼓粒期, D2 处理下的大豆茎粗显著高于 CK, 且比 CK 增加了 17.45%,  $D2 > D1 > CK$ 。由此可见, D2 处理对提高大豆茎粗具有显著的效果, 从而增加了大豆抗倒伏能力。

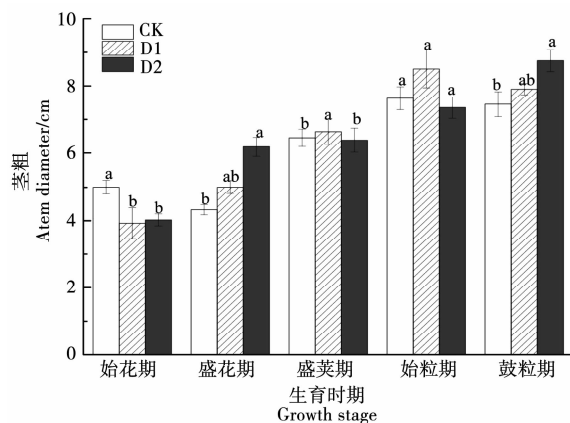


图2 磷肥对大豆茎粗的影响

Fig. 2 Effect of phosphate fertilizer on soybean stem diameter

**2.1.3 磷肥对大豆地上部单株干物质积累量的影响** 由图3可知, 施用磷肥对大豆地上部干物质积累在不同时期均表现不同。在始花期, D1 和 D2 处理的地上部单株干物质积累量显著低于 CK。在盛花期中, D2 处理的大豆地上部单株干物质积累量显著高于 CK, 且 D2 处理单株干物质积累量较 CK 增加了 103.28%, D1 处理的大豆地上部单株干物质积累量与 CK 相比无显著差异。在盛荚期中, D1 处理的单株干物质积累量与 CK 相比差异达到显著水平。在始粒期, D1 和 D2 处理下的大豆地上部单株干物质积累量与 CK 之间无显著差异。在鼓粒期, D1、D2 处理下的地上部单株干物质积累量均显著高于 CK, 分别比 CK 高 25.25% 和 22.69%。可以看出, 施用磷肥对大豆地上部单株干物质积累量都有不同程度的增加, 说明 D1 和 D2 处理对提高大豆各部位干物质积累有一定的效果。

## 2.2 磷肥对大豆叶片叶绿素含量的影响

由图4可知, 在鼓粒期, 不同磷肥处理的 SPAD 值在各处理间均表现不同, 与 CK 相比且达到了显著差异。D1 和 D2 处理的 SPAD 值分别比 CK 增加 23.13%、24.39%, 且  $D2 > D1 > CK$ 。可以看出, D2 处理的大豆叶片叶绿素含量

效果最好。

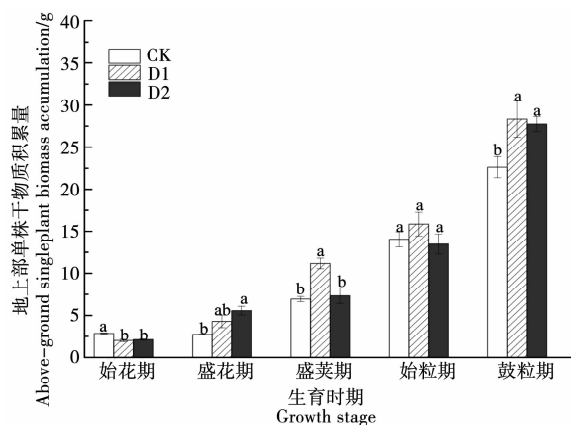


图3 磷肥对大豆地上部单株干物质积累量的影响

Fig. 3 Effects of phosphate fertilizer on above-ground dry matter accumulation per plant in soybean

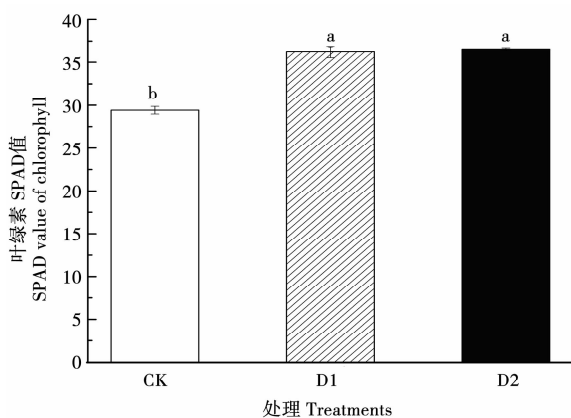


图4 磷肥对大豆叶片叶绿素含量的影响

Fig. 4 Effects of phosphate fertilizer on chlorophyll content in soybean leaves

## 2.3 磷肥对大豆叶片光合特性的影响

由图5A可知, 在鼓粒期, 不同磷肥处理下大豆叶片净光合速率与同期 CK 相比均表现不同。D1 处理下的大豆叶片净光合速率与 CK 相比无显著差异。D2 处理下的大豆叶片净光合速率与 CK 相比达到了显著差异, D2 处理比 CK 增加了 24.39%, 且与 D1 处理间也达到了显著差异。

由图5B可知, D1 和 D2 处理下的大豆叶片气孔导度较 CK 之间相比依次表现为  $D1 > D2 > CK$ , 且差异达到显著水平。其中两处理与 CK 相比分别增加 28.92% 和 27.36%。

由图5C可知, 不同种类磷肥 D1 和 D2 处理对大豆叶片蒸腾速率与 CK 之间相比无显著性差异, 且略高于 CK,  $D2 > D1 > CK$ 。

由图 5D 可知,D1 处理的大豆叶片胞间 CO<sub>2</sub> 浓度与 CK 间相比存在显著性差异,较 CK 增加

了 15.14%。D2 处理的大豆叶片胞间 CO<sub>2</sub> 浓度与 CK 相比无显著性差异。

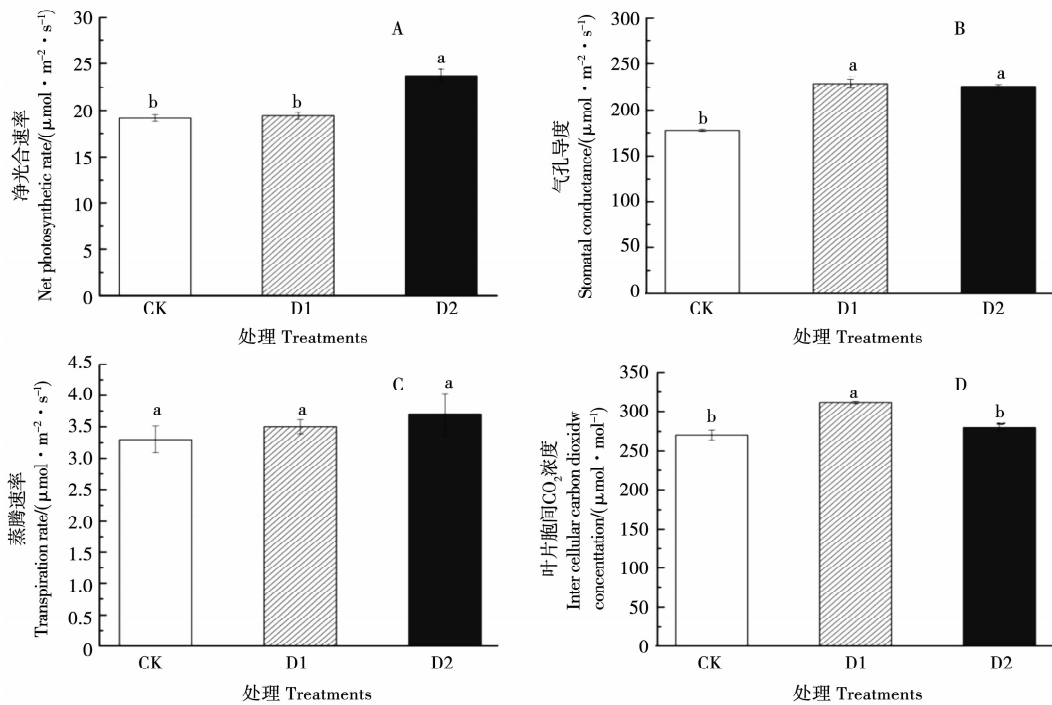


图 5 磷肥对大豆叶片光合特性的影响

Fig. 5 Effects of phosphate fertilizer on photosynthetic characteristics of soybean leaves

2.4 磷肥对大豆产量及产量构成因素的影响

由表 2 可以看出,D1 处理下的黑河 43 的单株荚数和单株粒数与 CK 相比无显著差异,单株粒数略高于 CK。D2 处理的单株荚数和单株粒数分别比对照高了 14.21%和 27.73%。D2 处理下黑河 43 的单株荚数显著高于 D1 处理,而与

CK 之间无显著差异。各处理百粒重差异不显著。产量在不同处理间表现为 D2>D1>CK。从产量角度上看,单株荚数和单株粒数是增加 D2 处理的主要产量构成因素之一。其中,D2 处理的产量比对照增加了 27.47%。

表 2 磷肥对大豆产量及构成因素的影响

Table 2 Effects of phosphate fertilizer on soybean yield and its components

处理 Treatments	单株荚数 Number pods per plant	单株粒数 Number seeds per pod	百粒重 100-seed weight/g	产量 Yield/(kg·hm <sup>-2</sup> )
CK	34.83±0.17 ab	67.28±4.13 b	20.53±0.07 a	3179.22±344.49 b
D1	31.61±0.81 b	73.78±3.03 ab	20.33±0.20 a	3454.60±285.71 ab
D2	39.78±4.07 a	85.94±6.37 a	20.57±0.55 a	4052.68±369.28 a

3 结论与讨论

磷肥作为作物生长重要的营养元素之一,在大豆农艺性状方面起着关键性的作用。研究表明,适宜供磷能显著提高大豆根系和地上部生物量<sup>[19-20]</sup>。从而可以显著地提高大豆植株各器官的干物质积累,有利于大豆籽粒产量的形成<sup>[21]</sup>。

徐本生等<sup>[22]</sup>认为前期叶片能够迅速积累干物质,后期茎秆的积累量逐渐增加。丁洪等<sup>[23]</sup>认为施磷后,大豆品种的株高、茎粗、叶绿素含量、干物质质量比不施磷有较大幅度增加。本试验研究结果与前人研究基本一致,施用磷肥 D1 处理[富硫磷二铵(581.56 g·m<sup>-2</sup>)+尿素(78.17 g·m<sup>-2</sup>)+氯化钾(225.11 g·m<sup>-2</sup>),总养分(N+P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)≥54.0%、

14%-40%-0%，其中，总 S $\geq$ 10%]和 D2 处理[硝基黄腐酸二铵(553.86 g·m<sup>-2</sup>)+尿素(75.75 g·m<sup>-2</sup>)+氯化钾(225.11 g·m<sup>-2</sup>)，总养分(N+P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) $\geq$ 57.0%、15%-42%-0%，其中，黄腐酸 $\geq$ 2%]对大豆株高、茎粗和地上部单株干物质积累量都有不同程度的增加，其中鼓粒期，D2 处理较好地增加了大豆株高、茎粗、地上部干物质积累量，从而有利于提高大豆产量。

杜吉到等<sup>[24]</sup>研究证明，单位面积上的叶绿素含量与产量呈正相关。本研究表明：施用磷肥处理均显著增加了叶绿素含量，两处理分别比 CK 增加了 23.13%和 24.39%，其中，D2 处理效果最好。与前人研究结果一致。说明在鼓粒期不同磷肥处理可以增加大豆叶片叶绿素含量，促进叶片光合产物的合成与积累，有利于产量的提高和品质的改善。光合作用是作物干物质积累和产量形成的基础<sup>[25]</sup>。作物生长的实质是光能驱动的一种生产体系<sup>[26]</sup>。也是评价植物生长调节剂作用效果的重要依据之一<sup>[27]</sup>。衡量植物光合生理和生态响应能力的重要指标<sup>[28]</sup>主要有净光合速率、蒸腾速率、气孔导度和胞间 CO<sub>2</sub> 浓度。肖琳<sup>[29]</sup>认为烯效唑能够提高大豆叶片中的叶绿素含量、光合速率、过氧化物酶和硝酸还原酶活性有调节作用。烯效唑延缓叶片衰老，增强叶片光合作用。黄爱珍等<sup>[30]</sup>发现，用烯效唑喷洒油青四九菜心叶面，发现叶绿素含量、气孔导度、光合速率和蒸腾速率均不同程度增加。本研究结果表明：磷肥处理均在一定程度上促进了大豆鼓粒期的光合作用。其中 D2 处理的大豆叶片净光合速率(Pn)和气孔导度(C)有所提高，叶片胞间 CO<sub>2</sub> 浓度(Ci)与 CK 之间无显著变化，这与前人研究结果一致。说明磷肥的施用对大豆光合作用有一定程度的影响，为作物后期提供物质基础，从而有利于产量的提高。岳寿松等<sup>[31]</sup>研究表明，在缺磷土壤(包括速效磷 5~10 mg·kg<sup>-1</sup>)中施用磷肥可以使小麦产量显著提高，主要增加单位面积穗数和千粒重。姜宗庆等<sup>[32]</sup>的试验表明，增加磷肥的施用对于粒重、每穗粒数和穗数有增加，施磷会影响产量构成因素。本研究结果表明，磷肥处理在不同程度上增加了大豆的光合作用，从而提高了大豆的单株荚数和单株粒数，与前人研究结果类似。说明 D2 处理有增加大豆产量的作用，其中，D2 处理与对

照相比产量增加了 27.46%。

本研究通过增加了大豆叶片叶绿素含量和提高光合特性的调控效应，推断磷肥对大豆增产的作用机理，主要原因是调控了大豆叶片中光合同化物质的积累，最终实现了增产。

#### 参考文献：

- [1] 邵彦宾,刘美娜,朱红伟.大豆测土配方施肥肥料效应研究[J].现代农业科,2008,23(3):185-186.
- [2] 宋秀丽,王冰雪,陆杰,等.磷肥施用量对大豆生长状况的影响[J].黑龙江农业科学,2015(9):44-47.
- [3] Ding Y C,Chen M C,Cheng B,et al. Phosphorous uptakes and usesof different soybean varieties[J]. Acta Botanica Bo-reali-occidentalia Sinica,2005,25(9):1791-1797.
- [4] 蔡柏岩,葛菁萍,祖伟.不同磷肥水平对大豆磷营养状况和产量品质性状的影响[J].植物营养与肥料学报,2007,13(3):404-410.
- [5] 贺振昌.高产大豆营养与施肥的探讨[J].中国农业科学,1982(1):65-70.
- [6] 吴明才,肖昌珍,郑普英.大豆磷营养研究[J].中国农业科学,1999,32(3):59-65.
- [7] 单守明,刘国杰,李绍华,等.DA-6对草莓叶绿体光化学反应和 Rubisco 活性的影响[J].中国农业大学学报,2008,13(2):7-10.
- [8] 胡根海,章建新.北疆春大豆生长动态及干物质积累与分配[J].新疆农业科学,2002,39(5):264-267.
- [9] 梁银丽,康绍忠,张成娥.不同水分条件下小麦生长特性及氮磷营养的调节作用[J].干旱地区农业研究,1999,17(4):58-64.
- [10] 周天,胡勇军,马瑞萍,等.植物生长调节剂对大豆幼苗光合利用特性的影响[J].吉林农业大学学报,2003,25(4):359-361.
- [11] Wilcox J R,Schapaugh W T,Bernard R L,et al. Genetic imp rovement of soybean in the Midwest[J]. Crop Science,1979,19:803-805.
- [12] Boerma H R. Comparison of past and recently developed soybean cultivars in maturity groups VI,VII and VIII[J]. Crop Science,1979,19:611-613.
- [13] Cui Z,Carter T E,Burton J W. Genetic base of 651 Chi-nese soybean cultivars released during 1923-1995[J]. Crop Science,2000,40:1470-1481.
- [14] Ashley D A,Boerma H R. Canopy photosynthesis and its association with seed yield in advanced generations of a soybean cross[J]. Crop Science,1989,29:1042-1045.
- [15] Morrison M J,Voldeng H D,Coher E R. Physiological changes from 58 years of genetic improvement of short-season soybean cultivars in Canada[J]. Agronomy Jour-nal,1999,91:685-689.
- [16] 赵华,徐森,石磊.植物根系形态对低磷胁迫应答的研究进展[J].植物学通报,2006,23(4):409-417.

[17] 孙贵荒,刘晓丽,董丽杰. 高产大豆干物质积累与产量关系的研究[J]. 大豆科学,2002,21(3):199-202.

[18] 胡根海,章建新. 青北疆春大豆生长动态及干物质积累与分配[J]. 新疆农业科学,2002,39(5):264-267.

[19] 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):360-36.

[20] 曹爱琴,严小龙. 不同供磷条件下大豆根构型的适应性变化[J]. 华南农业大学学报,2001,22(1):92.

[21] Israel D. Investigation of the role of phosphorus in symbiotic nitrogen fixation [J]. Plant Physiology,1987,84:835-840.

[22] 徐本生,籍玉尘. 夏大豆的干物质积累和氮磷钾吸收分配动态的研究[J]. 大豆科学,1989,8(8):47-53.

[23] 丁洪,李生秀. 大豆品种耐低磷和对磷肥效应的遗传差异[J]. 植物营养与肥料学报,1998,4(3):257-263.

[24] Du J D,Zheng D F,Liang X L,et al. Research of relativity between main traits of leaves and yield of soybean under different planting conditions[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin,2006,22(8):183-186.

[25] 郑宝香. 大豆表观光合作用遗传及其与产量关系的研究[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2008.

[26] 郑宝香,满为群,杜维广,等. 保绿玉米与早衰玉米叶片衰老过程中叶绿素降解与光合作用光化学活性的关系[J]. 中国农业科学,2012,45(23):4794-4800.

[27] 陈海玲,黄金堂,李清华,等. 多效唑对多粒型花生生长发育及品质影响[J]. 花生学报,2010,39(4):42-44.

[28] 周珺,魏虹. 土壤水分对湿地松幼苗光合特征的影响[J]. 生态学杂志,2012,31(1):30-37.

[29] 肖琳. 化学调控对夏大豆株型生理特性和产量的影响[J]. 中国油料作物学报,1998(4):57-61.

[30] 黄爱政,刘晓静,康云艳,等. 脱落酸和稀效唑对菜心光合作用的影响[J]. 广东农业科学,2012(22):77-79.

[31] 岳寿松,于振文. 磷对冬小麦后期生长及产量的影响[J]. 山东农业科学,1994(1):13-15.

[32] 姜宗庆. 施磷量对不同类型专用小麦产量和品质的调控效应[J]. 麦类作物学报,2006,26(5):113-116.

## Effects of Phosphate Fertilizer on Agronomic Characters, Photosynthetic Characteristics and Yield of Soybean

LI Bing<sup>1</sup>, LIU Ya<sup>1</sup>, CAI Guang-rong<sup>1,2</sup>, QI De-qiang<sup>1</sup>, XI Ting-ting<sup>3</sup>, ZHENG Dian-feng<sup>1,2</sup>, FENG Nai-jie<sup>1</sup>

(1. Agronomy of College, Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing 163319, China; 2. National Research Center of Miscellaneous Grains Engineering Technology, Daqing 163319, China; 3. Qinggang County Meteorological Bureau, Heilongjiang, Suihua 151600)

**Abstract:** In order to promote the application and increase of soybean fertilizer, Hehe 43 was used as experimental material to study the effects of phosphorus application on soybean agronomic traits, photosynthetic characteristics and yield in Heshan Farm Test Base of Jiu San Administration of Heilongjiang Province in 2017. The results showed that Drum stage D1 (Thion-rich diammonium phosphate (581.56 g·m<sup>-2</sup>) + urea (78.17 g·m<sup>-2</sup>) + potassium chloride (225.11 g·m<sup>-2</sup>), total nutrient (N + P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) ≥ 54.0%, 14% -40%-0%, of which, total S ≥ 10%) and D2 [diammonium nitrosulphonate (553.86 g·m<sup>-2</sup>) + urea (75.75 g·m<sup>-2</sup>) + potassium chloride (225.11 g·m<sup>-2</sup>), total nutrient (N + P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) ≥ 57.0%, 15%-42%-0%, Among them, the plant height, stem diameter and dry matter accumulation of the above-ground soybeans were higher than that of CK, and D2 treatment was better. In the blast stage, the SPAD value, net photosynthetic rate and stomatal conductance of D2 treated soybean leaves were significantly higher than CK. In the granule stage, D2 treatment increased the chlorophyll content and net photosynthetic rate of soybean leaves, and regulated the accumulation of assimilated substances in soybean leaves, there by increasing soybean yield.

**Keywords:** soybean; phosphate fertilizer; agronomic traits; photosynthetic characteristics; yield

欢迎投稿

欢迎订阅