

# 不同磷钾条件下苗期适度水分亏缺对大豆生长及干物质积累的影响

唐梅<sup>1</sup>, 李伏生<sup>1\*</sup>, 张富仓<sup>2</sup>, 梁继华<sup>1</sup>, 王力<sup>1</sup>, 陈俊<sup>1</sup>

(1. 广西大学农学院, 广西南宁 530005; 2. 西北农林科技大学旱区农业水土工程教育部重点实验室, 陕西杨凌 712100)

**摘要:** 在盆栽条件下研究了不同磷钾肥施用时苗期水分亏缺对大豆生长、干物质积累及产量的影响。结果表明: 磷钾肥施用相同时, 苗期轻度缺水处理对大豆干物质积累及产量的提高效果最佳, 且其水分利用效率接近或超过正常灌水处理, 而中度和重度缺水则明显降低大豆干物质积累及产量。当水分亏缺相同时, 施用中量磷钾肥有利于豆荚数和籽粒数的提高, 从而提高大豆产量及水分利用效率。因此, 本试验条件下, 苗期轻度缺水(占田间持水量的60%~70%)与施用中量磷钾肥是提高大豆产量的较好组合。

**关键词:** 大豆; 适度缺水; 磷; 钾; 干物质积累; 产量

**中图分类号:** S565.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2006)05-0109-06

调亏灌溉是国际上20世纪70年代中后期以来出现的一种新的节水灌溉技术<sup>[1]</sup>。许多研究表明, 植物在经受适度干旱复水后存在补偿效应, 在其它条件不变的情况下, 在节约用水的同时, 可以提高产量或保持不减产<sup>[2~3]</sup>。目前在桃树、番茄、玉米、棉花等作物上进行了较多的研究, 而关于大豆调亏灌溉试验的报道较少, 且以往调亏灌溉试验都是在作物施足肥料情况下进行的, 较少综合考虑施肥与调亏灌溉技术相结合的问题。磷、钾营养都有着显著的抗旱增产作用<sup>[4]</sup>。如何在调亏灌溉条件下合理施用磷钾肥, 探索水和磷钾肥对作物生长的耦合效应, 是当今节水灌溉的发展趋势。因此, 本试验研究了在不同磷钾施用条件下苗期水分亏缺对大豆干物质积累、有关产量性状、产量以及水分利用效率影响, 旨在为大豆节水节肥丰产栽培提供依据。

## 1 材料与方法

试验在广西大学农学院网室内进行。供试土壤采自广西大学农场果园内第四纪红色粘土发育的赤红土, 经风干、碾碎, 并过3 mm筛。土壤pH为4.5, 碱解氮(N)53.96 mg/kg, 速效磷(P)5.86 mg/kg, 速效钾(K)54.15 mg/kg, 田间持水量30%。试验作物为大豆(桂早2号)。

大豆苗期水分处理设4个水平即重度缺水、中度缺水、轻度缺水及正常灌水, 其分别为占田间持水量的40%~50%、50%~60%、60%~70%、70%~

80%; 设3个磷钾肥水平即P<sub>0</sub>K<sub>0</sub>(不施磷钾), P<sub>1</sub>K<sub>1</sub>(施P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>和K<sub>2</sub>O各0.05 g/kg)及P<sub>2</sub>K<sub>2</sub>(施P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>和K<sub>2</sub>O各0.15 g/kg)。磷肥和钾肥分别用分析纯的磷酸二氢钙[Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·H<sub>2</sub>O]和氯化钾。所有处理均施入0.04 g N/kg(硫酸铵, 分析纯)和1.0 g CaO/kg(碳酸钙, 分析纯)。试验采用完全设计, 共设12个处理, 重复3次。

试验在聚乙烯塑料盆(盆高25 cm, 直径30 cm)中进行, 每盆装土11 kg, 盆中央放置一根周围隔一定距离打孔并裹一层纱布的塑料管, 便于灌水, 在播种前1 d将土壤灌至田间持水量的80%。

于2004年8月22日在各处理每盆播种催芽1 d的大豆10粒, 8月26日出苗整齐, 27日间苗, 每盆留长势均匀的植株5株, 8月28日至9月18日进行水分控制。灌水控制在各设定的范围内, 用称重法测定其土壤含水量, 通过水量平衡法计算蒸发蒸腾(蒸散)量。各处理间其它农业技术措施相同。大豆于11月7日收获。

在复水前5 d(9月13日), 复水后7 d(9月26日)和21 d(10月10日)测定大豆株高与叶面积(长×宽×经验系数0.70), 将每株所有叶片叶面积相加即为单株叶面积。大豆收获后统计豆荚数与籽粒数, 并将地上、地下部及籽粒放在105℃下杀青30 min, 65℃烘至恒重, 称地上、地下部及籽粒干物重。大豆水分利用效率是籽粒干重和耗水量之比(kg/m<sup>3</sup>)。

收稿日期: 2006-04-20

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(50339030); 国家自然科学基金项目(50579066)

作者简介: 唐梅(1978-), 女, 广西全州人, 硕士, 主要从事植物营养与水肥利用理论与技术研究。E-mail: tangrong919@tom.com。

通讯作者: 李伏生, 教授, 博士, E-mail: zhenz@gsu.edu.cn

试验数据方差分析采用苏金明等编著的统计软件 SPSS for Windows 进行分析<sup>[5]</sup>。方差分析包括水分亏缺处理, 磷钾施用量及它们之间的两因素交互效应。多重比较用 Duncan 法。

## 2 结果与讨论

### 2.1 苗期水分亏缺、复水和施肥对大豆株高的影响

表 1 结果表明, 复水前 5 d, 大豆苗期水分亏缺、

施用磷钾肥对株高均有一定的影响, 而水分亏缺处理对株高的影响达极显著水平。在相同磷钾肥水平下, 除施用磷钾肥为中量下轻度缺水比正常灌水高 16.39%, 差异不显著外, 大豆株高都随着水分胁迫的加剧而降低。而重度缺水其株高都低于正常灌水, 均达显著水平。说明水分是大豆生长发育过程中一个至关重要的因素。

表 1 苗期水分亏缺、复水和施肥水平对大豆株高的影响

Table 1 Effect of water deficit during seedling period, rewatering and fertilization level on plant height of soybean (cm)

水分亏缺 Water deficit	施肥水平 Fertilization level	复水前 5 d 5 d before rewatering	复水后 7 d 7 d after rewatering	复水后 21 d 21 d after rewatering
重度缺水 Severe	P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	7.47±0.84f*	15.97±0.76e	29.43±5.12e
	P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	11.10±1.04ef	22.57±0.92de	32.07±3.21e
	P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	8.43±1.58f	20.33±3.87de	30.23±3.65e
中度缺水 Medium	P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	9.97±1.59f	32.03±5.83de	44.73±7.33de
	P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	12.77±2.64def	39.50±5.08cd	56.23±3.71bcd
	P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	12.27±2.03def	37.50±3.02cde	54.87±7.74cd
轻度缺水 Slight	P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	14.73±1.22cdef	66.17±9.94ab	72.93±6.74ab
	P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	27.20±4.04a	81.10±12.75a	78.20±7.36a
	P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	18.07±2.81bcde	69.70±2.77ab	75.93±5.00a
正常灌水 Normal irrigation	P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	20.60±3.54abc	56.30±10.79bc	68.43±4.43abc
	P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	23.37±2.55ab	64.33±9.11ab	72.40±8.75ab
	P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	19.73±0.81abcd	63.20±7.93ab	53.83±3.68cd
显著性检验 ( <i>F</i> 值) Significant level ( <i>F</i> value)				
水分亏缺 Water deficit		19.39**	36.09**	37.36**
施肥水平 Fertilization level		5.55*	1.82	1.55
水分亏缺×施肥水平 Water deficit×fertilization level		1.15	0.14	1.07

注: 数值为平均值±标准误差, 小写字母 a、b、c 等表示同一列在  $P_{0.05}$  水平下的统计显著性差异, 如字母不同, 则处理之间差异显著 ( $P < 0.05$ ), 如字母相同, 则处理之间差异不明显 ( $P > 0.05$ ); 而符号 \*, \*\* 分别表示差异显著和差异极显著, 下同。

Note: The data show average value±SD, and different small letters in the same column show significant level at  $P < 0.05$ ; \* and \*\* indicate significant and very significant differences, respectively. The same as below.

复水后, 在相同磷钾肥下, 株高都随着苗期水分胁迫的减轻而增加, 其中以苗期轻度缺水处理为最高, P<sub>0</sub>K<sub>0</sub>、P<sub>1</sub>K<sub>1</sub> 和 P<sub>2</sub>K<sub>2</sub> 处理的株高在复水后 7 d 分别比相应正常灌水增加 17.53%、26.07% 和 10.28%; 而复水后 21 d, 则分别比相应正常灌水增加 6.58%、8.01% 和 41.06%。而大豆经苗期重度缺水处理, 株高一直都低于正常灌水, 差异均达显著水平。可见, 苗期经轻度缺水处理后复水, 有利于大豆株高的增长。这可能由于植株受旱后其生理代谢等方面发生一系列适应性变化, 一旦解除干旱并复水, 又使合成代谢与分解代谢比例发生变化, 水分和可溶性蛋白质含量等增加, 进行恢复和修复作用, 产

生补偿效应, 抵消干旱阶段某些负效应, 使植物体内适应机制更趋于良好<sup>[6]</sup>。大豆在水分胁迫解除后表现出较强的补偿效应, 可弥补前期干旱所减少的生长量, 这与以往的结果是一致的<sup>[7]</sup>。但随着水分胁迫的加剧, 特别是在重度缺水的情况下, 可能因其叶片的叶肉细胞叶绿体的结构和功能受到一定程度的破坏, 因此, 复水后光合速率的恢复能力亦受到很大影响<sup>[8]</sup>, 致使大豆株高的补偿效应减弱或不存在补偿效应。

由表 1 还可知, 在相同水分亏缺下, P<sub>1</sub>K<sub>1</sub> 处理的大豆株高在复水前后均为最高。这表明磷钾肥施用过多或不足对大豆的生长均有不利的影响。而苗

期水分亏缺与施肥水平的交互作用对大豆株高影响不显著。

## 2.2 苗期水分亏缺、复水和施肥水平对大豆叶面积的影响

苗期水分亏缺及施用磷钾肥均对叶面积产生不同程度的影响(表2)。且随着复水时间的推移而减弱,但苗期水分亏缺对叶面积的影响仍达极显著水平。而苗期水分亏缺与施肥水平之间的交互作用对大豆叶面积的影响不明显。

大豆苗期水分亏缺期间,在相同磷钾肥下,大豆叶面积随着水分亏缺的加剧而减少,即正常灌水>轻度缺水>中度缺水>重度缺水。说明水分的多少直接影响着大豆叶片的生长发育。而随着复水时间的推移,与正常灌水相比,苗期轻度缺水处理的叶面积在复水后7 d,其P<sub>0</sub>K<sub>0</sub>处理减少3.90%,P<sub>1</sub>K<sub>1</sub>处理增加16.62%,P<sub>2</sub>K<sub>2</sub>处理减少12.90%。而复水后21 d,其P<sub>0</sub>K<sub>0</sub>处理减少9.31%,P<sub>1</sub>K<sub>1</sub>和P<sub>2</sub>K<sub>2</sub>处理则分别增加19.24%和1.17%;但苗期中度缺水、

重度缺水处理其叶面积均低于正常灌水,差异均达显著水平。说明大豆苗期经轻度缺水处理后复水可促使大豆叶片超补偿生长。之所以出现这一现象可能是由于大豆苗期轻度缺水后恢复正常灌水时,其叶片扩展受到激发,使叶面积接近或超过正常灌水,从而弥补了前期干旱所造成的损失<sup>[7]</sup>。但大豆在苗期经重度、中度水分亏缺处理后复水,其叶片的生长受到了限制,可能由于在苗期重度、中度水分亏缺条件下,叶片发育受到严重抑制,叶片扩展完全停止,甚至衰亡,这与以往的结果是一致的<sup>[9]</sup>。

由表2还可看出,在大豆苗期相同的水分亏缺下,均以P<sub>1</sub>K<sub>1</sub>处理的叶面积最大。但在复水后不同施肥水平对叶面积的影响与苗期水分亏缺程度有关,如复水21 d后,苗期轻度缺水P<sub>1</sub>K<sub>1</sub>处理的叶面积仍是最大,分别比P<sub>0</sub>K<sub>0</sub>和P<sub>2</sub>K<sub>2</sub>的处理增加19.77%和3.40%。而其它水分亏缺处理,不同施肥水平的影响有所不同。

表2 苗期水分亏缺、复水和施肥水平对大豆叶面积的影响(cm<sup>2</sup>/株)

Table 2 Effect of water deficit during seedling period, rewatering and fertilization level on leaf area of soybean (cm<sup>2</sup>/plant)

水分亏缺 Water deficit	施肥水平 Fertilization level	复水前5 d 5 d before rewatering	复水后7 d 7 d after rewatering	复水后21 d 21 d after rewatering
重度缺水 Severe	P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	21.58±4.64 <sub>d</sub>	96.63±10.58 <sub>e</sub>	223.63±14.61 <sub>d</sub>
	P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	32.62±1.50 <sub>d</sub>	156.81±13.33 <sub>de</sub>	288.64±13.66 <sub>cd</sub>
	P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	29.14±2.13 <sub>d</sub>	175.44±31.20 <sub>cde</sub>	324.72±38.30 <sub>cd</sub>
中度缺水 Medium	P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	26.21±0.35 <sub>d</sub>	210.10±35.43 <sub>bed</sub>	366.98±57.41 <sub>bc</sub>
	P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	41.48±0.87 <sub>d</sub>	250.50±30.65 <sub>bc</sub>	308.68±21.71 <sub>cd</sub>
	P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	40.20±1.13 <sub>d</sub>	278.08±8.82 <sub>b</sub>	372.86±25.64 <sub>bc</sub>
轻度缺水 Slight	P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	84.24±7.35 <sub>c</sub>	377.45±15.77 <sub>a</sub>	436.26±44.15 <sub>ab</sub>
	P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	135.96±8.58 <sub>a</sub>	448.47±25.80 <sub>a</sub>	522.50±37.07 <sub>a</sub>
	P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	109.68±7.59 <sub>b</sub>	396.17±38.02 <sub>a</sub>	505.31±39.92 <sub>a</sub>
正常灌水 Normal irrigation	P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	125.79±11.19 <sub>ab</sub>	392.78±52.00 <sub>a</sub>	481.02±33.04 <sub>a</sub>
	P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	145.83±17.44 <sub>a</sub>	384.56±26.40 <sub>a</sub>	438.20±36.62 <sub>ab</sub>
	P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	128.42±13.09 <sub>ab</sub>	454.86±22.91 <sub>a</sub>	499.49±25.14 <sub>a</sub>
显著性检验(F值) Significant level (F value)				
水分亏缺 Water deficit		129.40**	59.56**	28.67**
施肥水平 Fertilization level		9.30**	4*	2.42
水分亏缺×施肥水平 Water deficit×fertilization level		1.49	0.87	1.39

## 2.3 苗期水分亏缺和施肥对干物质积累的影响

由表3可知,苗期水分亏缺处理对大豆地上部、地下部干重及干物质总量的影响达极显著水平,说明水分直接影响着大豆干物质的生产与积累。磷钾

肥施用水平对以上3个指标影响不明显。水分亏缺与施肥水平之间的交互作用虽对地下部干重的影响不明显,但对地上部干重及干物质总重的影响却达显著水平。

从表 3 还可看出,施用相同磷钾肥时,地上部干重、地下部干重、干物质总量大多以苗期轻度缺水最高,其次是正常灌水,而苗期重度缺水最低。这一结果表明,大豆苗期轻度缺水处理后有利于地上部、地下部干重及干物质总量的增加。其增加的原因可能是作物遭受水分胁迫时,促进了根系生长,进而使根系吸水 and 吸收养分能力加强,植株的光合作用增大,

提高了干物质生产水平<sup>[10]</sup>。

而在相同水分亏缺下,苗期轻度缺水处理,施磷钾肥量高的地上部干重、干物质总量最高,而地下部干重则比施中量磷钾肥略低 4.17%,但差异不显著。其它水分亏缺处理时磷钾肥施用水平对地上部干重、地下部干重和干物质总量的影响不显著,这与以往的试验结果基本一致<sup>[11]</sup>。

表 3 苗期水分亏缺和施肥水平对大豆干物质积累与分配的影响(g/株)

Table 3 Effect of water deficit during seedling period and fertilization level on dry matter accumulation and distribution of soybean (g/plant)

水分亏缺 Water deficit	施肥水平 Fertilization level	地上部干重 Shoot dry weight	地下部干重 Root dry weight	干物质总量 Total dry weight
重度缺水 Severe	P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	1.08±0.18 <sub>de</sub>	0.13±0.01 <sub>de</sub>	1.20±0.19 <sub>de</sub>
	P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	0.81±0.09 <sub>e</sub>	0.13±0.02 <sub>de</sub>	0.95±0.08 <sub>e</sub>
	P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	1.02±0.04 <sub>de</sub>	0.13±0.02 <sub>de</sub>	1.15±0.04 <sub>de</sub>
中度缺水 Medium	P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	1.02±0.05 <sub>de</sub>	0.13±0.01 <sub>e</sub>	1.15±0.03 <sub>de</sub>
	P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	1.24±0.06 <sub>bcde</sub>	0.14±0.01 <sub>cde</sub>	1.38±0.05 <sub>bcde</sub>
	P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	1.15±0.16 <sub>cde</sub>	0.15±0.01 <sub>cde</sub>	1.30±0.17 <sub>cde</sub>
轻度缺水 Slight	P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	1.41±0.13 <sub>bcd</sub>	0.18±0.01 <sub>bed</sub>	1.59±0.12 <sub>bed</sub>
	P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	1.58±0.07 <sub>bc</sub>	0.24±0.02 <sub>a</sub>	1.82±0.09 <sub>b</sub>
	P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	2.03±0.21 <sub>a</sub>	0.23±0.01 <sub>ab</sub>	2.26±0.22 <sub>a</sub>
正常灌水 Normal irrigation	P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	1.60±0.22 <sub>b</sub>	0.18±0.02 <sub>bcde</sub>	1.78±0.22 <sub>b</sub>
	P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	1.55±0.15 <sub>bc</sub>	0.19±0.02 <sub>abc</sub>	1.73±0.17 <sub>bc</sub>
	P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	1.35±0.16 <sub>bed</sub>	0.19±0.01 <sub>bc</sub>	1.54±0.17 <sub>bed</sub>
显著性检验(F值) Significant level (F value)				
水分亏缺 Water deficit		17.81**	19.4**	21.61**
施肥水平 Fertilization level		0.77	2.93	1
水分亏缺×施肥水平 Water deficit×fertilization level		2.59*	0.71	2.64*

#### 2.4 苗期水分亏缺及施肥水平对产量及其主要性状以及水分利用效率的影响

由表 4 可知,苗期水分亏缺及磷钾肥施用水平对大豆豆荚数、籽粒数、籽粒干重、耗水量及籽粒水分利用效率的影响均达极显著水平。而水分亏缺处理与施肥水平之间的交互作用仅对每株大豆耗水量的影响达极显著水平。

在相同磷钾肥施用条件下,大豆豆荚数、籽粒数、籽粒干重及耗水量均以苗期轻度缺水下最高,其次是正常灌水和中度缺水,而重度缺水处理最低。与正常灌水处理相比,苗期轻度缺水时,P<sub>0</sub>K<sub>0</sub>,P<sub>1</sub>K<sub>1</sub>和P<sub>2</sub>K<sub>2</sub>处理的大豆耗水量分别增加 14.19%、14.34%及 17.42%。原因可能是大豆经过苗期轻度亏缺后因其根系较发达,吸水能力增强;加上叶片增大,蒸腾速率也随之加快,导致耗水量的增加。与

正常灌水处理相比,苗期轻度缺水时,P<sub>0</sub>K<sub>0</sub>,P<sub>1</sub>K<sub>1</sub>和P<sub>2</sub>K<sub>2</sub>处理的大豆籽粒干重也分别增加 0.62%、5.62%及 33.56%。以上现象表明:大豆在苗期经轻度缺水处理复水后有利于大豆产量及其主要性状的提高,其水分利用效率也接近或超过了正常灌水。但苗期重度缺水处理的籽粒干重明显低于正常灌水处理,其水分利用效率显著下降,这可能是因为在重度缺水情况下大豆正常的生长发育受到限制的结果。

在相同水分亏缺条件下,施用中量磷钾肥处理的豆荚数、籽粒数、籽粒干重、耗水量以及水分利用效率一般较高,只有苗期轻度缺水处理P<sub>2</sub>K<sub>2</sub>处理的籽粒干重和水分利用效率较P<sub>1</sub>K<sub>1</sub>分别增加 3.59%和 2.17%,但差异不显著。

表4 苗期水分亏缺和施肥水平对大豆产量及其主要性状、水分利用效率的影响

Table 4 Effect of water deficit during seedling period and fertilization level on yield, yield components and water use efficiency of soybean

水分亏缺 Water deficit	施肥水平 Fertilization level	豆荚数 Pod number per plant	籽粒数 Seed number per plant	籽粒干重 Seed yield (g/plant)	耗水量 Water consumption (ml/plant)	水分利用效率 Water use efficiency (kg/m <sup>3</sup> )
重度缺水 Severe	P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	5.47±0.07f	11.13±0.24d	0.93±0.14f	2999±3.71j	0.31±0.05c
	P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	6.6±0.20cde	13.4±0.23bcd	1.26±0.08e	3197±4.37h	0.39±0.03b
	P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	5.53±0.07ef	11.67±0.37cd	0.96±0.02f	3039±12.77i	0.32±0.00c
中度缺水 Medium	P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	6.07±0.47ef	12.07±0.94cd	1.35±0.09de	3375±2.91g	0.40±0.03b
	P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	7.13±0.13cd	13.73±0.35bcd	1.57±0.02cd	3465±3.53e	0.46±0.01ab
	P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	6.07±0.24ef	12.60±0.53bcd	1.36±0.07de	3405±9.40f	0.40±0.02b
轻度缺水 Slight	P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	7.27±0.55bc	14.33±2.25abc	1.62±0.07bcd	4079±2.67b	0.40±0.02b
	P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	8.93±0.64a	17.07±0.59a	1.88±0.02ab	4179±1.76a	0.45±0.00ab
	P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	8.20±0.42ab	15.07±0.93ab	1.95±0.15a	4179±5.93a	0.46±0.04ab
正常灌水 Normal irrigation	P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	6.6±0.20cde	11.87±0.87cd	1.61±0.09cd	3572±3.06d	0.45±0.03ab
	P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	6.27±0.24cdef	13.60±0.53bcd	1.78±0.04abc	3655±2.91c	0.49±0.01a
	P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	6.20±0.46def	11.53±0.77cd	1.46±0.10de	3559±2.67d	0.41±0.03ab
显著性检验(F值) Significant level (F value)						
水分亏缺 Water deficit		28.26**	9.17**	42.17**	18429.80**	11.42**
施肥水平 Fertilization level		8.58**	6.21**	8.9**	444.61**	6.24**
水分亏缺×施肥水平 Water deficit×fertilization level		2.03	0.14	1.62	48.71**	1.09

### 3 结语与讨论

植物各个生理过程对水分亏缺的反应各不相同,而且水分胁迫可以改变光合产物的分配<sup>[1]</sup>。同时一些研究还表明,在特定发育阶段、有限的水分胁迫对提高产量和品质是有益的,其表现为作物在某些阶段经受适度的水分胁迫,对于有限缺水具有一定的适应性和抵抗性效应,并且植物在水分胁迫解除后,会表现出一定的补偿生长功能<sup>[3]</sup>。本实验发现,大豆苗期轻度缺水对干物质积累及籽粒产量的有显著的增加效应。在不施磷钾肥、施中量磷钾肥及施高量磷钾肥的条件下,苗期轻度缺水处理的籽粒干重分别比正常灌水增加0.62%、5.62%及33.56%。这说明在大豆苗期轻度的水分亏缺能够刺激大豆根系生长及吸收功能对水分胁迫后恢复供应的补偿效应,从而增进根系的吸收能力和生长作用,进一步加速大豆地上部的生长和产量的提高(表1~4)。大豆是固氮作物,其磷钾吸收不仅与水分状况有关,还与土壤的氮素含量以及氮磷钾的配比有关。研究表明,在相同水分亏缺下,施用中量磷钾肥有利于提高大豆产量、豆荚数、籽粒数及其水分利用效率,这可能与土壤的氮素状况、大豆的固氮能力以

及大豆吸收的氮磷钾的配比有关,其相关的机理还需要进一步探讨。

#### 参考文献:

- [1] 康绍忠,蔡焕杰.作物根系分区交替灌溉和调亏灌溉的理论与实践[M].北京:中国农业出版社,2002.
- [2] 康绍忠.新的农业科技革命与21世纪我国节水农业的发展[J].农业工程学报,1998,1:13-14.
- [3] 山仓,徐萌.节水农业中的若干生理生态问题[J].应用生态学报,1991,2(1):70-76.
- [4] 张松令.特大干旱旱地冬小麦施肥效应及需肥特点[J].山西农业科学,1997,25(2):34-37.
- [5] 苏金明,傅荣华,周建斌,等.统计软件SPSS for Windows实用指南[M].北京:电子工业出版社,2000.
- [6] 赵丽英,邓西平,山仓.持续干旱及复水对玉米幼苗生理生化指标的影响研究[J].中国生态农业学报,2004,12(3):59-61.
- [7] 陈晓远,罗远培.不同生育期复水对受旱冬小麦的补偿效应研究[J].中国生态农业学报,2002,10(1):35-37.
- [8] 赵天宏,沈秀瑛,杨德光,等.水分胁迫及复水对玉米叶片叶绿素含量和光合作用的影响[J].杂粮作物,2003,23(1):33-35.
- [9] 刘晓英,罗远培,石立春.水分胁迫后复水对冬小麦叶面积的激发作用[J].中国农业科学,2001,34(4):422-428.
- [10] 朱咏莉,韩建刚,李岗,等.不同施肥条件下地膜小麦增产效应的研究[J].干旱地区农业研究,2001,19(3):20-24.
- [11] 陈竹君,刘春光,周建斌,等.不同水肥条件对小麦生长及养分吸收的影响[J].干旱地区农业研究,2001,19(3):30-35.

## Effect of moderate water deficit during seedling stage on growth and dry matter accumulation of soybean under different P and K levels

TANG Mei<sup>1</sup>, LI Fu-sheng<sup>1</sup>, ZHANG Fu-cang<sup>2</sup>, LIANG Ji-hua<sup>1</sup>, WANG Li<sup>1</sup>, CHEN Jun<sup>1</sup>

(1. Agricultural College, Guangxi University, Nanning 530005, China; 2. Key Lab of Agricultural Soil and Water Engineering in the Arid and Semiarid Areas, Ministry of Education, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** A pot experiment was carried out to study the effects of water deficit during the seedling stage on growth, dry matter accumulation and yield of soybean under different P and K levels. The results showed that, under the same application of P and K fertilizer, slight water deficit during the seedling stage was the best treatment to increase dry matter accumulation and yield of soybean, and its water use efficiency was close to or more than that of conventional irrigation; however, medium water deficit and serious water deficit during the seedling stage reduced dry matter accumulation and yield of soybean markedly. Under the same water deficit, medium P and K fertilizer application was beneficial to increase pod number and seed number, thus improved yield and water use efficiency of soybean. Therefore, moderate water deficit (i.e., 60%~70% of field capacity) during the seedling stage and medium P and K level was an ideal water and fertilizer coupling to improve the output of soybean under the experimental condition.

**Keywords:** soybean; moderate water deficit; phosphorus; potassium; dry matter accumulation; yield

(上接第 80 页)

## Effects of fertilization on continuous cropping obstacle in pepper

ZHAO Zun-lian<sup>1</sup>, SHI Lian-lian<sup>2</sup>, YAN Yu-rang<sup>2</sup>, GONG Zhen-hui<sup>1</sup>, WU Qing-qiang<sup>1</sup>, GUO Jian-wei<sup>1</sup>

(1. College of Horticulture, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. Agricultural Extension Center of Baoji City, Baoji, Shaanxi 721001, China)

**Abstract:** With the purpose of resolving the problem of continuous cropping obstacle in pepper by means of fertilizing, the experiment was carried out in a field that had been continuously used to plant pepper for 6 years (2000~2005) in Qianyang County of Shaanxi Province to study the effects of potassium fertilizer, chicken droppings and NEB-26 on the chlorophyll content, net photosynthetic rate, plant height, leaf area index, fruit number per plant and yield of the variety "Shaanjiao2001". The results showed that the effects of 2 chicken droppings treatments (4 500 kg/hm<sup>2</sup> and 3 000 kg/hm<sup>2</sup>) were significant in alleviating continuous cropping obstacle. The fruit number per plant was 6 and 5.5 more than CK respectively, and the fresh fruit yield was increased by 28.2% and 25.7% respectively. The yield of these 2 treatments was similar to that in the no continuous cropping fields. Under the treatment of 750 kg/hm<sup>2</sup> K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, the chlorophyll content, net photosynthetic rate and leaf area index were evidently increased, and the fruit number per plant and fresh fruit yield were increased by 2.3 and 12.5% respectively. However, the effects of 375 kg/hm<sup>2</sup> K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> treatment and NEB-26 treatment were not significant in most determined items.

**Keywords:** pepper; continuous cropping obstacle; fertilization effect; K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; chicken droppings; NEB-26