

镁对大豆根系活力叶绿素含量和膜透性的影响

王 芳, 刘 鹏, 朱靖文

(浙江师范大学化学与生命科学学院, 浙江 金华 321004)

摘 要: 采用水培试验和土培试验相结合的方法, 研究了不同的镁营养水平下 3 个大豆品种 (浙春 2 号、浙春 3 号和 9703) 在两个生育期 (五叶期和盛花期) 根系活力、叶片叶绿素含量和质膜透性的变化。结果表明, 在缺镁胁迫下, 大豆根系活力和叶绿素含量显著降低, 质膜透性明显升高; 适量施镁则能有效提高大豆根系活力和叶绿素含量, 并大幅度降低质膜透性。3 个大豆品种中, 浙春 3 号对镁最为敏感。

关键词: 大豆; 镁; 根系活力; 叶绿素; 膜透性

中图分类号: S131 文献标识码: A 文章编号: 1672 - 2043(2004)02 - 0235 - 05

Effect of Magnesium (Mg) on Root Activity, Chlorophyll Content and Membrane Permeability of Soybean

WANG Fang, LIU Peng, ZHU Jing-wen

(College of Chemistry and Life Science, Zhejiang Normal University, Jinhua 321004, China)

Abstract: In these experiments, three varieties of soybean were employed as the main material, with the method of water cultural and soil cultural experiments to study the effect of Mg on root activity, chlorophyll content and membrane permeability of three cultivars of soybean. The results showed that the control plants under low Mg exhibited a significant decrease in root activity, chlorophyll content but an obvious increase in membrane permeability. Application of proper Mg raised effectively the root activity and the contents of chlorophyll, while the membrane permeability decreased obviously. ZhechunNO. 3 soybean is most sensitive to Mg.

Keywords: soybean; magnesium (Mg); root activity; chlorophyll; membrane permeability

镁是维持植物正常生长发育所必需的中量营养元素, 在植物体的光合作用^[1-4]、酶活化、碳水化合物合成与转运、蛋白质合成、脂肪代谢以及活性氧的代谢等多方面均有重要影响^[5-10]。但是由于长期偏重施用氮、磷、钾等肥料, 有机肥的施用量逐年下降, 加上 K^+ , Al^{3+} , H^+ , Ca^{2+} 等离子的拮抗, 同时随着农业集约化程度加强, 作物产量的提高, 使得土壤镁逐渐耗竭, 植物缺镁现象在各地陆续出现, 并已成为限制植物产量和品质提高的一个重要因素^[11], 特别是豆类等喜镁作物表现尤为突出^[12]。植物的根系是植物与环境接触的重要界面, 对环境更为敏感, 更易对环境作出反应, 所以对整个植株的生命活动有着非常重要的影响, 它不但吸收水分和无机盐, 也是多种物质合成和

转化的器官, 因而根系的生长状况对保证作物的稳产高产至关重要; 而作物的光合能力是决定产量的另一最重要的因素。本文在前人研究的基础上, 以 3 个大豆品种为材料, 采用两种试验方式, 结合不同镁浓度处理下大豆在不同生育期的质膜透性的变化, 探讨了大豆根系活力和叶绿素含量的变化规律, 以期为大豆镁肥应用的系统研究提供依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

供试大豆为浙江省农业科学院大豆组提供的优质高产大豆 (*Glycine max* (L.) Merrill) 品种浙春 2 号、浙春 3 号和 9703。

1.2 试验设计

1.2.1 水培试验

选择健壮、大小一致的浙春 2 号、浙春 3 号大豆种子, 布于消毒过的水分适度的锯屑中, 当幼苗第一

收稿日期: 2003 - 07 - 29

基金项目: 浙江省教育厅科研基金资助项目 (20030713)

作者简介: 王 芳 (1972—), 女, 浙江师范大学讲师, 硕士, 从事植物生理生化及植物营养研究。E-mail: sky100@mail.zjnu.net.cn

片复叶展开时,移入容积为 2 500 mL 有螺纹的聚丙烯钵中,每钵留苗 4 株,6 次重复,水培液为 Hogland 配方溶液,镁源采用 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$,所用试剂均为分析纯。在以往研究的基础上,设置 6 个不同镁离子浓度处理,分别为 $0.00 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, $0.01 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, $0.10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, $1.00 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, $10.00 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, $100.00 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,每天定时用小型泵通气,每 7 d 更换一次营养液,每天用 NaOH 和 H_2SO_4 调节 pH 值,使 pH 值维持在 5.5~6.5。

1.2.2 土培试验

在浙江师范大学化学与生命科学学院植物园进行。供试土壤为浙江师范大学化学与生命科学学院植物园深层经风干的低镁冲击性红壤,土壤的基本理化性质为:pH5.96,有机质 $18.2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,水溶性盐总量 $2.64 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,阳离子代换量 $3.94 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$,全氮 $0.53 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,水解氮 $22.8 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,全磷 $2.3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,速效磷 $60.4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,速效钾 $147.9 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,全镁 $582 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,活性镁 $6.03 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。从土壤性状可以看出,虽然全镁含量中等,但活性镁含量明显偏低,属于缺镁的土壤。选择健壮、大小一致的浙春 2 号、浙春 3 号和 9703 大豆种子播种在石英砂中,当幼苗第一片复叶展开时,选择长势一致的幼苗,移入供盆栽的聚乙烯塑料桶中,每桶装缺镁风干土 5 kg,基肥为: $1.5 \text{ gN}(\text{CO}(\text{NH}_2)_2)$ 、 $0.8 \text{ gP}_2\text{O}_5(\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2)$ 、 $1.2 \text{ gK}(\text{KCl})$,将供试土壤设 3 个水平处理:不施镁肥(对照,为低镁条件)、施镁盐适量($\text{Mg}^{2+} 60 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)、施镁盐过量($\text{Mg}^{2+} 150 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)。每个处理重复 6 次,所有肥料均在移苗前一次性均匀拌入,每桶留苗 4 株,定时浇去离子水。

1.2.3 取样

于五叶期和盛花期分别间苗 2 株,用于测定,叶绿素和质膜透性测定取第 3 片完全展开叶。取样时间均为上午 7:30-8:30。

1.3 测定方法

根系活力采用 TTC 法^[13],用 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}\text{FW} \cdot \text{h}^{-1}$ 表示。

叶绿素含量采用朱广廉等的方法^[14],分别在 663 nm 和 645 nm 处测定色素提取液的吸光度值,计算叶片叶绿素含量,用 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}\text{FW}$ 表示。

质膜透性采用电导法^[15],用 DDS-IIA 型电导仪测定浸出液和煮沸后浸出液电导率的相对比率,用%表示。

2 结果和分析

2.1 镁对大豆根系活力的影响

根系是植物生命活动中的重要器官,与植物的生长和产量的形成有密切关系。根系活力泛指根系的吸收、合成、氧化和还原能力等,是一种客观地反映根系生命活动的生理指标。评价根系活力的指标很多,本试验采用 TTC 法进行测定,该法可反映出根系氧化还原力,TTC(氯化苯基四氮唑)还原能力测定的是与呼吸有关的琥珀酸脱氢酶,所以 TTC 还原能力与呼吸作用有一定的相关性^[16]。

由图 1 可见,施镁可明显提高大豆根系活力。在水培试验中,随着镁离子浓度的升高,两个品种的大豆根系活力均逐渐上升,并于 $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 镁离子浓度处理时达最大值:浙春 2 号大豆根系活力在五叶期和盛花期分别较对照上升了 351.65% 和 604.86%;浙春 3 号分别上升了 473.26% 和 630.11%。说明施镁可明显促进大豆的根系活力,而缺镁对大豆根系活力的抑制作用也较大。土培试验中,以中等浓度镁离子 ($60 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) 条件下大豆的根系活力最高,高镁 ($150 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) 处理下大豆根系活力又有所下降,但仍高于对照处理。由此可见,只有适量施镁才可最大限度地促进大豆的根系活力。同时,两种试验结果都表现出随着生育的进程,到了盛花期,各处理下的大豆根系活力均显著下降,水培试验中两个品种大豆缺镁条件下较五叶期下降了 80% 以上,而施镁条件下也下降了 70% 左右,土培试验中各处理大豆也均较五叶期时下降了 50% 以上。这说明随着大豆的生长发育,幼嫩时期其呼吸强度要高于成熟时期,同时,也可能是因为随着镁胁迫时间的延长,细胞受到伤害,代谢紊乱,造成根系活力下降。另外,镁对大豆 3 个品种的影响有所不同,适量施镁对浙春 3 号大豆根系活力的促进作用最大,对 9703 大豆影响力最小;而缺镁对浙春 3 号大豆根系活力的抑制作用最显著,对 9703 大豆抑制作用最小,而浙春 2 号大豆界于二者之间。

2.2 镁对大豆叶绿素含量的影响

光合作用是植物生长的重要能量来源和物质基础,叶绿素作为植物进行光合作用的主要色素,其含量的多少对光合速率有直接的影响^[17],是反映植物叶片光合能力的一个重要指标。Mg 是构成叶绿素分子的核心元素,其对植物体内叶绿素的含量至关重要,试验结果显示,各镁离子浓度处理下叶绿素含量

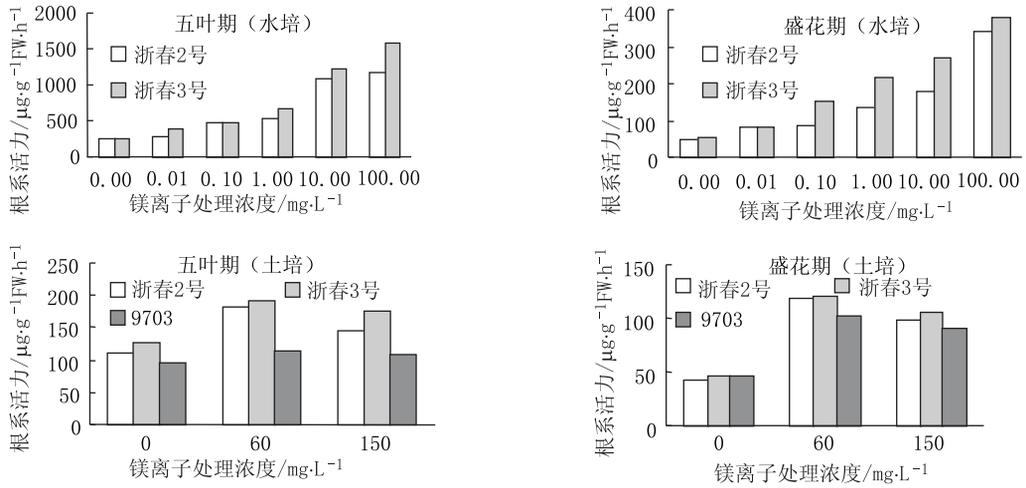


图 1 镁对大豆根系活力(TTC)的影响

Figure 1 Effects of Mg on root activities (TTC) of soybean

都比对照(0)要高,表现出了镁素对其的促进作用,见图 2。水培试验中,各处理中大豆叶片的叶绿素含量随着镁离子浓度的提高而增加,且当镁离子浓度为 $10\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时达最大值,五叶期时浙春 2 号和浙春 3 号大豆分别较对照(0)上升了 19.60% 和 82.24%;到了盛花期,缺镁处理条件下,随着胁迫时间的延长,大豆叶片叶绿素含量较五叶期时明显下降,而适量施镁条件下 ($10\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$) 大豆叶片叶绿素含量有所升高,这可能是因为在盛花期时新陈代谢旺盛,同化能力强,需要大量有机质建立繁殖器官,就需要叶片加强光合作用强度,因而叶绿素的合成也就逐渐增加,结果使得盛花期时浙春 2 号和浙春 3 号大豆适量施镁条件下 ($10\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$) 叶绿素含量较对照(0)上升分别达

230.94% 和 358.86%。土培试验中,五叶期时各处理大豆的叶绿素含量均随着镁离子浓度的增加而升高,并均于 $150\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 镁离子处理条件下达最大值;盛花期时各处理大豆的叶绿素含量都高于五叶期叶绿素的含量,而且各品种大豆叶绿素含量随着镁离子浓度的升高出现了下降的趋势。这可能是由于在土壤这种缓冲系统的环境里,大豆对缺镁胁迫不是很敏感,同时适量施镁使大豆叶片生长良好,叶片面积和鲜重增加较多,产生稀释效应,使单位面积或重量上的叶绿素含量减少。此外,在缺镁和施镁条件下,三个大豆品种的叶绿素含量变化幅度也表现出浙春 3 号最大、浙春 2 号次之、9703 最小。

2.3 镁对大豆质膜透性的影响

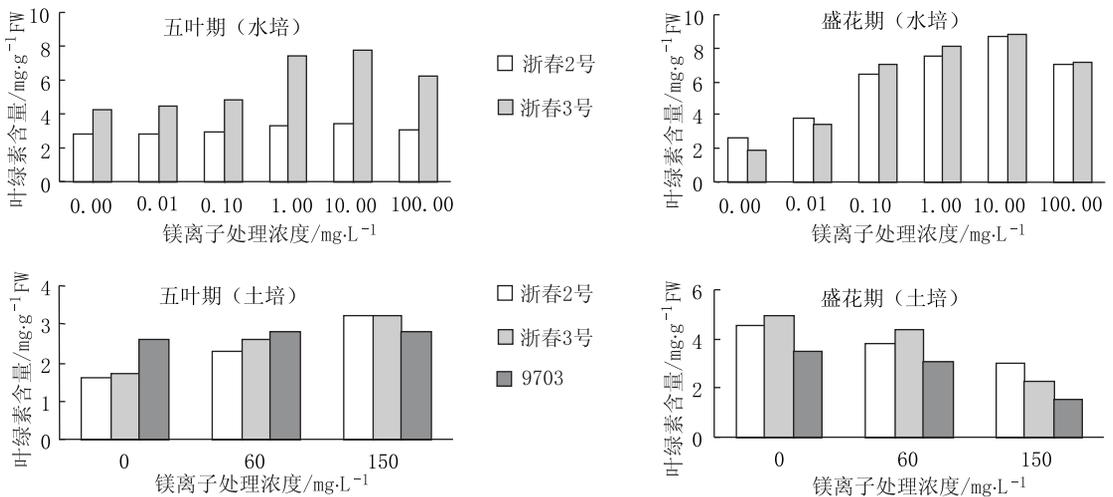


图 2 镁对大豆叶片叶绿素含量的影响

Figure 2 Effects of Mg on chlorophyll contents of soybean leaves

植物在逆境胁迫或衰老过程中,植物细胞原生质膜中的不饱和脂肪酸发生过氧化作用,使质膜系统受到伤害,其选择透性降低,细胞内电解质外渗量增加,因而细胞膜透性(电解质外渗量)可表示膜伤害或变性程度^[18,19]。电解质外渗率是测定细胞膜透性的一种有效方法。图3结果显示,施镁能降低大豆各品种细胞膜透性,水培试验中于 $10.00\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 镁处理时达最低值:五叶期时,浙春2号和浙春3号分别比对照(0.00)降低了87.23%和85.96%;盛花期时则分别较对照降低了68%和57.89%,从而大大增强了大豆对逆境胁迫的抵抗力。土培试验于 $60\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 镁处

理时MP值最小:五叶期时,浙春2号、浙春3号和9703分别比对照降低了20.53%、38.61%和7.19%;盛花期时则分别降低了21.79%、46.10%和26.09%。可见适量施镁有稳定细胞膜结构、降低电解质外渗率、缓解逆境伤害的作用。此外,盛花期与五叶期相比,各处理下大豆质膜透性都有所下降,这可能是由于大豆细胞逐渐生长成熟,对逆境的抵抗力有所上升。大豆的三个品种对逆境的抵抗力也存在一定的差异:在镁胁迫条件下,以9703抗性最强,浙春2号次之,浙春3号最弱;而在适量镁条件下,又表现为浙春3号抗性最强,而9703抗性最弱。

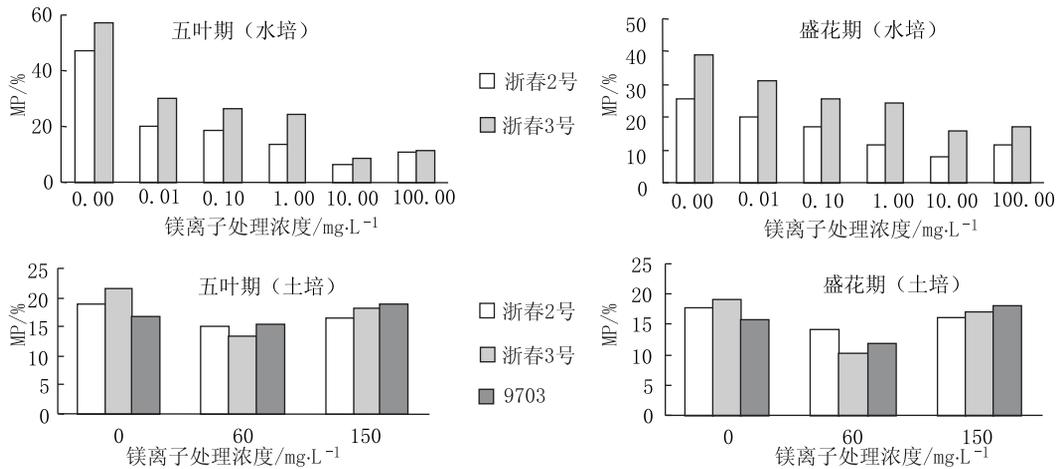


图3 镁对大豆叶片质膜透性的影响

Figure 3 Effects of Mg on MP (%) of soybean leaves

3 结论

缺镁条件下,大豆根系活力受到明显抑制,这将使得根逐渐失去吸收营养素的能力;同时叶绿素解体,造成叶绿素损失或酶活力降低,叶绿素合成减少^[20],严重影响植物的光合能力。叶绿素含量减少是衡量叶片衰老较重要的生理指标^[21]。研究表明,叶绿素含量的下降可能是由于或部分由于脂质过氧化加剧引起的^[22],这与我们的试验结果一致:缺镁胁迫下,大豆体内活性氧产生与清除之间的平衡被破坏,活性氧量增加,导致膜透性增加,说明缺镁加速了植物叶片的衰老过程。

适量施镁($60\sim 100\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$)能使大豆的根系活力旺盛,有利于大豆充分吸收土壤深层的水分及矿物质元素;镁素使叶片叶绿素含量增加,有利于大豆吸收光能,增强光合作用,积累有机物,为高产奠定了良好的生理基础。叶绿素含量从一个方面反映了品种的产

量潜力^[23,24]:叶绿素含量越高,光合能力越强,增产潜力越大。同时适量施镁能维持细胞膜的完整性、稳定性,降低质膜的透性,减少细胞内的外渗物,为细胞抵御不良外界环境提供了良好的生理基础,有效增强了大豆抵御逆境的能力。

大豆3个品种对缺镁的反应存在一定的基因差异:浙春3号大豆对缺镁的胁迫最为敏感,在施镁后,浙春3号根系活力和叶绿素含量增幅最多,质膜透性下降最为显著,表明该品种在大豆生产中增产的潜力最大。而9703大豆变化幅度最小,浙春2号大豆处于二者之间。

参考文献:

- [1] Walker C J, Weinstein J D. Further characterization of the magnesium chelatase in isolated developing cucumber chloroplasts[J]. *Plant Physiol*, 1991, 95: 1189 - 1196.
- [2] Peters J S, Berkowitz G R. Studies on the system regulating proton movement across the chloroplast envelope[J]. *Plant Physiol*, 1991, 95:

1229 - 1236.

- [3] Fisher E S, Bremer E. Magnesium deficiency in expanding leaves of *phaseolus vulgaris* gas exchange and nutrient concentrations[A]. In: Barow N J ed. Plant nutrition - from genetic engineering to field practice [C]. Netherlands: Kluwer Academ is Publishers, 1993. 621 - 624.
- [4] Fischer E S, Bremer E. Influence of magnesium deficiency on rates of leaf expansion, starch and sucrous accumulation, and net assimilation in *phaseolus vulgaris*[J]. *Physiol Planta*, 1993, 89, 271 - 276.
- [5] Nooden L D. Abscisic acid, auxin and other regulator of senescence[A]. In: Skoof ed. Senescence and Aging in Plant[C]. Sam Diego: Academic Press, 1998. 329 - 335.
- [6] 李 延, 马居米. 让得迪优, 等. 缺镁对水稻生理代谢的影响及诊断指标研究[J]. 浙江农业大学学报, 1995, 21(3): 279 - 283.
- [7] 李晓明. 矿质镁对水稻产量及品质影响的研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2002, 8(1): 125 - 126.
- [8] 李 延, 刘星辉. 缺镁胁迫对龙眼叶片衰老的影响[J]. 应用生态学报, 2002, 13(3): 311 - 314.
- [9] 李 延, 刘星辉, 庄卫民. 植物 Mg 素营养生理的研究进展[J]. 福建农业大学学报, 2000, 29(1): 74 - 80.
- [10] 汪 洪, 褚天铎. 植物镁素营养的研究进展[J]. 植物学通报, 1999, 16(3): 245 - 250.
- [11] 李 延, 等. 缺镁胁迫对龙眼叶片衰老的影响[J]. 应用生态学报, 2002, 13(3): 311 - 314.
- [12] 吴 英. 镁在大豆营养中的作用[J]. 大豆科学, 1998, 2: 162.
- [13] 袁晓华, 杨中汉. 植物生理生化试验[M]. 北京: 高等教育出版社, 1983, 128 - 133.
- [14] 朱广廉, 钟海文, 张爱琴. 植物生理学试验[M]. 北京: 北京大学出版社, 1990, 51 - 54, 245 - 252.
- [15] 张宪政. 作物生理研究法[M]. 北京: 农业出版社, 1991.
- [16] 张 雄. 用 TTC(红四氮唑)法测定小麦根和花粉活力及其应用[J]. 植物生理学通讯, 1982, 3: 48 - 50.
- [17] 李六林, 杨佩芳, 田彩芳. 新红星苹果不同枝类叶片中叶绿素含量的变化[J]. 果树科学, 1999, 16(1): 78 - 80.
- [18] 孙文越, 等. 外来甜菜对干旱胁迫下小麦幼苗膜脂过氧化作用的影响[J]. 西北植物学报, 2001, 22(1): 1 - 3.
- [19] Cakmak I, Hengeler C, Marschner H. Partition of shoot and root dry matter and carbohydrates in bean plants suffering from phosphorus, potassium and magnesium deficiency[J]. *Journal of Experimental Botany*, 1994, 45: 1245 - 1250.
- [20] 白宝璋, 汤学军. 植物生理测试技术[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1993. 37 - 38.
- [21] 严重玲, 付舜珍, 方重华, 等. Hg、Cd 及其共同作用对烟草叶绿素含量及抗氧化酶系的影响[J]. 植物生态学报, 1997, 25(5): 468 - 473.
- [22] Li Y(李延), Liu X - H(刘星辉), Zhuang W - M(庄卫民). Effects of magnesium deficiency on the yield and distribution of photosynthate of longan (*Dimocarpus longan* Lour.)[J]. *Acta Agric Nucl Sin* (核农学报), 2000, 15(3): 157 - 162(in chinese).
- [23] 潘瑞炽, 董愚得. 植物生理学(上册)[M]. 北京: 高等教育出版社, 1994, 105.
- [24] 董树亭. 高产小麦群体光合能力与产量关系的研究[J]. 作物学报, 1991, 17(6): 461 - 496.