

大豆种子萌发影响因素研究进展

田艺心¹, 高 会², 汪自强²

(浙江大学 农业与生物技术学院 作物所, 浙江 杭州 310029)

摘 要:大豆种子萌发过程中除其自身的种子活力对种子萌发产生的影响之外,一些物理因素如温度、水分、浸种时间和次数、电场以及一些化学因素如化学气体、化学药剂、酸碱、金属离子、生物种衣剂、污灌、植物组织提取液、土壤有机化合物和土壤真菌等也可能对大豆种子萌发产生一定的促进或抑制作用。文章对近几年在影响大豆种子萌发方面的研究成果进行了综述,以期对大豆种子萌发影响因素的深入研究提供理论依据。

关键词:大豆种子萌发;种子活力;物理因素;化学因素

中图分类号:S565.1

文献标识码:A

文章编号:1000-9841(2011)01-0153-05

Research Progress of Factors Affecting Soybean Seed Germination

TIAN Yi-xin¹, GAO Hui², WANG Zi-qiang²

(Crop Institute, Agriculture and Bio-technique college, Zhejiang University, Hangzhou 310029, Zhejiang, China)

Abstract: In addition to the impact of soybean seeds vigor, some physical factors such as temperature, moisture, soaking time and frequency, electric field and some chemical factors including chemical gases, chemicals, pH, metal ions, biological seed coating, plant tissue extract, effluent, organic compounds and fungi in soil can also affect soybean seed germination in some extent. The research progresses of recent years were summarized in this paper in order to provide some theoretical basis for in-depth study of soybean seed germination.

Key words: Soybean seeds germination; Seed vigor; Physical factors; Chemical factors

大豆(*Glycine max*(L.) Merr)在全世界范围内广泛种植,既是重要的粮食作物,又具有较高的经济价值,在食用、药用、饲用等方面均发挥着巨大的作用。但是由于一些大豆种子具有坚厚且不透水气的种皮,阻碍了种子萌发,从而导致种子出现发芽率低,发芽期长,发芽不整齐等现象,给大豆生长发育方面带来了一定的影响。近年来,为了解决这一问题,众多学者将大豆种子萌发的研究重点集中在种子活力、物理因素和化学因素的处理方法上。该文对这些方面取得的研究进展加以综述,以期对大豆种子萌发的深入研究提供依据。

1 大豆种子活力

种子活力高低是衡量种子质量的一个重要指标。一般来说,种子活力低,种子萌发差,种子发芽率就低。因此,种子活力的高低对种子萌发具有至关重要的作用。基因型在很大程度上决定了种子活力的高低。种子活力可以遗传,因而种子活力水

平可在其子代上体现出来^[1]。品种之间的种子活力差异比较显著,杂交组合间的差异更大。程春明等研究表明,不同基因型的春大豆、秋大豆,种子活力均存在显著差异性,春大豆品种中,种子活力较高的有油春 99234、赣豆 4 号、浙春 2 号等,秋大豆有赣豆 1 号、南 99210、南 242 等。通常来说,大豆种子籽粒越大,越容易劣变,因此小粒种比大粒种种子活力高^[2]。

另外,种子发育条件不好,采收、干燥、清选及包装、运输、储藏过程中所受到的影响都会使种子活力发生变化。如在高温高湿气候条件下收获大豆种子,种子会劣变,种子活力降低^[3]。Da Cunha 等对机械收获的大豆种子和手工收获的大豆种子进行萌发状况评价,结果表明机械收获会对种子质量造成一定程度的损伤,导致种子活力下降,种子发芽势降低,而且,随着大豆种子贮藏时间的延长,大豆种子活力也会降低^[4]。

收稿日期:2010-11-28

基金项目:浙江省科技厅重大专项资助项目(2006C12018)。

第一作者简介:田艺心(1986-),女,硕士,研究方向为大豆、菜豆生理及营养品质。E-mail: tyxin213@sina.com。

通讯作者:汪自强(1957-),男,教授,博士生导师,主要从事作物栽培生理与大豆育种研究。E-mail: nxx.cab@zju.edu.cn。

2 物理因素对大豆种子萌发的影响

2.1 温度和水分处理对大豆种子萌发的影响

温度和水分是种子萌发不可缺少的必要条件。一定程度的低温和高温处理都可对大豆种子萌发产生促进作用。陈立君等通过对东农 42、东农 43、东农 163、合丰 25、绥农 10 号采用 4℃、8℃、12℃、15℃、20℃、25℃ 6 种发芽温度处理,发现 4℃ 和 8℃ 期间种子一直没有发芽,其它几种温度下的发芽率以 15℃ 最高,12℃ 最低^[5]。由此可见,一定程度的高温处理有利于大豆种子萌发,究其原因可能为种皮的结构在高温条件下发生了改变,从而使种皮通透性提高,同时在可承受的温度范围内,种子萌发所必需的一些酶也得到活化,因而促进了种子萌发。Castaneda-Saucedo 等对大豆种子进行干旱胁迫研究,发现干旱胁迫 3 d,气孔导度、蒸腾速率、净光能合成减少 50% 以上;胁迫 10 d,这些过程都被完全抑制,呼吸速率大大降低,严重影响种子萌发^[6]。

2.2 浸种时间和次数对大豆种子萌发的影响

赵雨云研究表明,不同浸种时间对大豆种子萌发有影响,随浸种时间的延长,大豆种子的发芽势和发芽率逐渐下降,浸种 4 h 后发芽势下降显著,浸种 12 h 后发芽率下降显著,而未经浸种处理的种子发芽势和发芽率最高^[7]。章晓波等通过对皖豆 11 和 HN-11 进行浸种次数试验发现,大豆种子经干燥-浸种反复处理 3 次后发芽率、活力及浸出液电导率的变化较小,从第 4 次处理开始,发芽率及活力迅速降低,电导率迅速升高,种子开始劣变^[8]。因此,浸种时间和浸种次数会对大豆种子萌发产生一定的影响,其原因可能与大豆种子渗透势有关。Khalil 等指出大豆种子渗透势超过 -0.5 MPa,大豆种子会延迟萌发^[9]。这可能与种子发育时一些可溶性蛋白、血凝素和脂肪氧化酶的变化有一定关系。

2.3 不同电场处理对大豆种子萌发的影响

已有的研究表明,高压交变芒刺电场对大豆种子萌芽具有促进作用。Camps-Raga 等也研究证实,低强度静电和超低频磁场能促进大豆种子萌发和幼苗生长^[10]。曹勇军等分别对大豆种子进行低压电场长期处理和高压电场短时处理,发现低压长期处理($\pm 0.2 \sim 1.0 \text{ kV} \cdot \text{cm}^{-1}$,每天 8 h)对大豆种子的萌发无明显影响,而高压短时处理($2 \sim 6 \text{ kV} \cdot \text{cm}^{-1}$,30 min)却能促进种子萌发,显著提高种子的发芽势、 α -淀粉酶、过氧化物酶活性和可溶性蛋白含量^[11]。强电场对吸胀种子作用效果明显的原因,可

能是由于种子吸胀后各种酶的合成以及细胞膜的修复已经开始,此时的外加电场加速了酶的合成和细胞膜的修复。除此之外,激光辐射、微重力、磁化水都可不同程度地促进大豆种子萌发,其机理可能与种皮透性增加和酶活性提高有关联。

3 化学因素对大豆种子萌发的影响

3.1 化学气体处理对大豆种子萌发的影响

张建东等研究了 CO_2 激光不同功率和不同时间处理对大豆种子萌发的影响,结果表明,16、18 和 20 $\text{mw} \cdot \text{mm}^{-2}$ CO_2 激光处理均能提高种子发芽率、淀粉酶活力、可溶性蛋白质、可溶性糖含量和游离氨基酸含量,其中 18 $\text{mw} \cdot \text{mm}^{-2}$ CO_2 激光处理效果最好^[12]。适宜的化学气体处理,可以促进种子萌发,很可能是气体中含有促进种子萌发的活性物质,或气体成分能促进种子内激素代谢,但是活性物质的具体成分以及气体成分如何调节种子内激素代谢还有待深入研究。

3.2 化学药物处理对大豆种子萌发的影响

不同的化学药物在种子萌发代谢过程中产生的效应不同,采用适宜的药物处理,可在一定程度上提高大豆种子逆境条件下的发芽率。已有相关研究表明,阿斯匹林水溶液(Aspirin, ASP)、复方新诺明水溶液(Compound Sulfamethoxazole, SMzco)、水杨酸(Salicylic Acid, SA)、赤霉素(GA_3)和激动素(Kinetin)、壳聚糖(Chitosan, CS)等都可以提高大豆种子的活力和相关酶的活性^[13]。另外,应用 25 ~ 200 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 浓度范围的烯效唑(Uniconazole)浸种可降低大豆发芽势,但对发芽率影响不显著^[14]。不同浓度的 1,2,4-三氯苯溶液会对大豆种子萌发和幼苗生长均产生抑制效应,且浓度越大,抑制效应越强^[15]。对羟基苯乙酸和间羟基苯乙酸能使大豆 DNA 的熔点(T_m)下降,抑制大豆主根和侧根生长,一些小分子蛋白的合成也受到抑制,从而抑制大豆种子萌发^[16]。

3.3 酸碱处理对大豆种子萌发的影响

酸碱处理可腐蚀种皮,提高种皮的通气性与透水性,从而促进种子萌发。此外,酸碱还能杀死种皮表面的病原微生物,有利于萌发后的幼苗生长。胡正华研究发现单一的酸雨(Acid Rain, AR)处理会降低大豆种子的发芽率,与 UV-B(Ultraviolet-B Radiation 紫外线 B 辐射)复合处理后对大豆种子萌发的影响没有明显差异,但对大豆幼苗生长表现出更强的抑制作用,显著降低幼苗的株高、绿叶数、叶面积、干物重、叶片的叶绿素含量和蒸腾速率^[17]。

陶彦等研究也证明,随着酸雨胁迫强度逐渐减弱,种子的 ATP 含量、能荷含量、过氧化氢酶活性及线粒体活性均逐渐升高^[18]。据左广成报道,强酸性电解水可明显地促进大豆种子萌发^[19]。浓 H_2SO_4 处理适宜的时间后,野生大豆种子的发芽率大大提高,最高可达 98%。电解水促进种子萌发可能与酸碱促进种子萌发的机制相似,但是其作用机理尚不明确,还有待于深入研究其具体的作用机制。

3.4 金属离子处理对大豆种子萌发的影响

金属离子可调节植物体内渗透平衡,也可形成跨膜电位和作为酶的辅因子等。一定浓度的 Mg^{2+} 和 Fe^{3+} 浸泡大豆种子,可降低电导率,提高种子萌发率^[20-21]。应燕玲等研究发现低浓度的 Al^{3+} 降低了种子质膜透性,提高了种子的发芽率、发芽势和发芽指数,对种子的发芽有一定的促进作用,而高浓度的铝 Al^{3+} 则对萌发有一定的抑制作用^[22]。Mann 等研究也表明,可以明显提高大豆种子的发芽率、发芽势和发芽指数^[23]。另外, Ca^{2+} 、 Cr^{6+} 、 Ni^{2+} 、 Li^{+} 和 Zn^{2+} 处理对大豆种子萌发都具有低浓度下的刺激效应和高浓度下的抑制效应^[24]。低浓度的金属离子可促进大豆种子萌发,其原因可能是通过增加酶的辅因子来增加一些水解酶如 α 淀粉酶、蛋白酶和脂肪酶的含量,并提高其活性,进而促进种子内贮藏的营养物质分解,从而促进萌发。也可能是通过改变种子内源激素的协同代谢以提高一些植物激素如 IAA, GA 和 CTK 等的含量来促使种子萌发。然而,不同金属离子的作用机理尚不明确,具体机制还有待于进一步深入研究。

3.5 包衣处理对大豆种子萌发的影响

大豆种子包衣在防治病虫害和促进生长发育等方面具有良好的效果,对大豆种子萌发及活力有显著影响。Pereira 等对大豆种子进行包衣处理,其种衣剂中含有多种杀真菌剂,结果表明包衣种子生理性状良好,发芽率和发芽指数均比裸种子高^[25]。王宏燕等研究指出生物种衣剂不仅可促进大豆种子发芽,而且可以促进种子萌发过程中胚根的生长及增加胚根和胚轴的重量,以 $0.1 \sim 1.0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 种子的包衣浓度为最好;促进大豆苗期地上、地下部分的生长、提高根系活力,增加叶绿素含量和提高大豆叶片的光合效率;提高大豆体内 CAT 和 NR 的活性,降低 POD 的活性,表明生物种衣剂可以提高大豆植株的抗衰老性和抗逆性,促进氮素的吸收,从而促进大豆的生长发育^[26]。另外,包衣处理具有良好的防霉效果,这为合理利用陈种子提供了可行的措施。目前我国研制生产的种衣剂多为药物复

合型种衣剂,配方也较为保密,因此,包衣处理大豆种子萌发的机理还尚需进一步研究。

3.6 污水处理对大豆种子萌发的影响

有研究学者通过试验发现,污灌也会对大豆种子萌发产生影响。Thirugnanamoorthy 等用乳制品厂污水对大豆品种 CO-1, PK. 1146, Bragg CO-3, JS 335, NRC-67, RKS-15, RKS-18, PK-1029 和 CO-21 分别进行处理,结果表明,污水在浓度为 20% 时可促进大豆种子萌发,但是随着污水浓度的提高,大豆植株幼苗生长量和生物量会减少,大豆品种 CO-1 相对于其它品种其形态和生理性状表现都较优越^[27]。由此看来,低浓度污水可促进大豆种子萌发和幼苗生长,高浓度污水则抑制大豆种子萌发和幼苗生长,其原因可能在于污水中含有 N、P、K 等矿物元素、有机质及多种微量元素,适当稀释的污水,其中的营养元素能被大豆种子吸收,其促进作用大于抑制作用;高浓度污水中的盐分含量高,易引起种子萌发时渗透压失衡或因污水中大量的有害物质引起种子中毒,因而降低了大豆种子的萌发率。

3.7 植物组织器官发酵液或提取液处理对大豆种子萌发的影响

王树起等通过水培试验表明,大豆根茬腐解液和营养液残液显著抑制大豆种子胚根生长,影响大豆种子萌发,同时大豆根系活力也受到显著抑制, α -萘胺氧化酶活性和根系活跃吸收面积都显著下降^[28]。Niakan 等研究表明,油菜籽不同部位水提取液会抑制胚根生长以及大豆种子中过氧化氢酶、过氧化物酶、抗坏血酸盐过氧化物酶和多酚氧化酶的活性,从而抑制大豆种子萌发^[29]。苔藓的配子体提取液对大豆种子萌发具有促进作用,但湿带光萼苔配子体提取液确抑制大豆种子萌发^[30],其原因可能与苔类和藓类配子体的次生代谢物不同有关。植物组织器官提取液对豆科种子萌发的影响是植物在漫长的进化历程中形成的一种生存与繁衍策略,是植物间的化感作用。通过研究植物间化感作用 (Allelopathy),可利用促进萌发的浸提液浸种以提高种子的发芽率;若植物的浸提液抑制种子萌发,在播种时应将该植物及时拔除,从而保证作物能正常的萌发与生长。

3.8 土壤根际有机化合物和土壤真菌对大豆种子萌发的影响

重迎茬大豆根际土壤的醇提液对大豆种子萌发和胚根生长产生一定的抑制效应,其机理可能与根际土壤中含有的化感物质有关。刘天学等报告指出,秸秆焚烧后的土壤提取液可使大豆种子活力

明显下降、根系发育受阻、脂肪酸含量减少、子叶储藏物质的转化率下降、从而阻碍萌发^[31]。Begum 等发现对大豆植株接种绿脓杆菌或哈茨木霉菌,可大大抑制种子萌发期猝倒病的发生,提高种子萌发率^[32]。Cassan 等将固氮螺旋菌株 AZ39 和大豆根瘤菌株 E109 接种到大豆种子上,结果证明,AZ39 和 E109 能明显促进大豆根长、芽长和干重增长,能够有效的促进种子萌发^[33],其原因在于 AZ39 和 E109 能够分泌植物生长激素 IAA、植物生长调节剂 GA₃,大豆植株吸收的营养成分和浓度增加,从而使大豆种子组织产生相应的形态和生理变化,促进大豆种子发芽。

4 展望

大豆种子萌发过程是一个激素代谢和各种相关酶综合作用的协同过程。不同的处理方法,对种子萌发的影响存在差异,促进种子萌发的机理可能与增加种皮透性、活化种子萌发所必需的酶类、调节激素代谢等有关。温度、水分、浸种时间和次数、电磁场、化学气体、化学药剂、酸碱、金属离子、植物组织器官提取液、生物种衣剂、土壤真菌等都可能不同程度的促进或抑制大豆种子的萌发,这些处理在种子萌发过程中都具有信号的作用,但是每种信号的受体、具体的级联放大过程以及由此引起的基因表达调控等还不是很清楚,只有对这些方面进行深入研究才能真正揭示诱导大豆种子萌发的机理。

大豆种子萌发受多种因素的影响,植株外部生理形态的变化不仅与相关化合物以及酶活性的变化有关,内部基因表达和信号传导也会产生相应的响应,因此,大豆种子萌发是一个多种因素协同反应的过程。目前,国内研究者已在物理,化学等众多方面对大豆种子萌发机制进行了相应研究,并取得了一定的成果,但研究方向多集中在单一影响因素,对于多因素机理的研究还很少见,有待于进一步开展联合因素效应研究。此外,杀真菌剂对大豆种子萌发的效应在国外研究相对广泛,我国对这方面研究的报道还鲜见报道,开展类似方面的研究将有助于深入了解大豆种子萌发机理,进而为促进大豆种子萌发提供科学依据。另外,植物组织器官提取液和土壤根际化合物提取液影响大豆种子萌发分别属于植物与植物,植物和土壤化感作用的研究范畴,从分子水平上揭示此化感机理是植物学科的一个研究热点与难点,此方面研究成果的应用,将

有利于更深入了解大豆种子萌发的机制。

参考文献

- [1] 唐志华,马继凤.大豆种子活力研究进展[J].作物研究,2007,21(5):625-628. (Tang Z H, Ma J F. The vigor of soybean seed research[J]. Crop Research, 2007,21(5):625-628.)
- [2] 程春明,王瑞珍,吴问胜.大豆种子活力基因型差异的研究[J].江西农业学报,2003,15(1):8-12. (Cheng C M, Wang R Z, Wu W S. The study of genotypic differences in soybean seed vigor[J]. Jiangxi Agricultural University, 2003,15(1):8-12.)
- [3] 左照江,郭学民,徐兴友,等.诱导豆科植物种子萌发的研究进展[J].河北师范科技学院学报,2007,21(4):70-74. (Zuo Z J, Guo X M, Xu X Y, et al. The research progress of induced legume seed germination[J]. Hebei Normal University Science and Technology, 2007,21(4):70-74)
- [4] Da Cunha JPAR, De Oliveira P, Dos Santos CM, et, al. Soybean seed quality after harvesting with two types of harvester and two storage times[J]. Ciencia Rural, 2009, 39:1420-1425.
- [5] 陈立君,郭强,刘迎雪.不同温度对大豆种子萌发影响的研究[J].中国农学通报,2009,25(10):140-142. (Chen L J, Guo Q, Liu Y X. Effects of temperature on seed germination of soybean[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2009, 25(10):140-142).
- [6] Castaneda-Saucedo. M C, Cordova-Tellez L, Gonzalez-Hernandez V A. Physiological performance, yield, and quality of dry bean seeds under drought stress[J]Interciencia, 2009, 34(10):748-754.
- [7] 赵雨云.浸种时间对大豆发芽的影响[J].中国种业,2007(10):41-42. (Zhao Y Y. Effect of soaking time on soybean germination[J]. Chinese seeds, 2007(10):41-42.)
- [8] 章晓波,顾万昌,张从合.浸泡次数对大豆种子萌发的影响[J].中国油料,1997,19(1):42-43. (Zhang X B, Gu W C, Zhang C H. Effect of soaking times on soybean seed germination[J]. China Oils, 1997, 19(1):42-43.)
- [9] Khalil S K, Mexal J G, Rehman A. Soybean mother plant exposure to temperature stress and its effect on germination under osmotic stress[J]. Pakistan Journal of Botany, 2010, 42:213-225.
- [10] Camps-Raga B, Gyawali S, Islam N E. Germination rate studies of soybean under static and low-frequency magnetic fields [J]. Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, 2009, 16:1317-1321.
- [11] 曹永军,习岗,杨初平.不同电场对大豆种子萌发的影响[J].应用与环境生物学报,2004,10(6):691-694. (Cao Y J, Xi G, Yang C P. Effect of different electric fields on soybean seed germination[J]. Applied and Environmental Biology, 2004, 10(6):691-694.)
- [12] 张建东,陈怡平,王勋陵.CO₂激光处理对大豆种子萌发及生理的影响[J].西北植物学报,2004,24(2):221-222. (Zhang J D, Chen Y P, Wang X L. Effect of CO₂ laser treatment on soybean seed germination and physiology[J]. Northwest Plant, 2004, 24(2):221-222.)
- [13] Dierking E C, Bilyeu K D. Raffinose and stachyose metabolism are not required for efficient soybean seed germination[J]. Journal of

- Plant Physiology, 2009, 166(12):1329-1335.
- [14] 宋胜,冯乃杰,郑殿峰. 烯效唑浸种对大豆种子萌发及保护性酶系的影响[J]. 大豆科学, 2008, 27(2):259-262. (Song S, Feng N J, Zheng D F. Effect of uniconazole on soybean seed germination and protective enzymes[J]. Soybean Science, 2008, 27(2):259-262.)
- [15] 刘宛,孙铁珩,周启星. 氯苯胁迫对大豆种子萌发的伤害[J]. 应用生态学报, 2002, 13(2):141-144 (Liu W, Sun T Y, Zhou Q X. Damage of chlorobenzene stress on soybean seed germination[J]. Journal of Applied Ecology, 2002, 13(2):141-144.)
- [16] 阮维斌,刘默涵,黄斌. 两种羟基苯乙酸对大豆萌发的化感效应研究[J]. 应用生态学报, 2003, 14(5):785-788. (Ruan W B, Liu M H, Huang B. Allelopathic effect of two hydroxy acids on soybean germination[J]. Journal of Applied Ecology, 2003, 14(5):785-788.)
- [17] 胡正华,索福喜,赵晓莉. UV-B 增加与酸雨复合处理对大豆种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 生态环境, 2005, 14(4):523-525. (Hu Z H, Suo F X, Zhao X L. Effect of UV-B and acid rain on seed germination and seedling growth[J]. Ecological Environment, 2005, 14(4):523-525.)
- [18] 陶彦,彭祺. 酸雨对大豆萌发种子能量代谢的影响[J]. 大豆科学, 2009, 28(2):243-246. (Tao Y, Peng Q. Effect of acid rain on energy metabolism of soybean seed[J]. Soybean Science, 2009, 28(2):243-246.)
- [19] 左广成. 电解水对种子萌发和生长的影响[J]. 辽宁农业职业技术学院学报, 2005, 7(2):10-11. (Zuo G C. Effect of electrolysis of water on seed germination and growth[J]. Liaoning Agricultural Vocation Technical Teachers College, 2005, 7(2):10-11.)
- [20] 王芳,姜丹. 硫酸镁浸种对大豆种子萌发的影响[J]. 浙江师范大学学报(自然科学版), 2003, 26(4):394-396. (Wang F, Jiang D. Effect of soaking with magnesium sulfate on soybean seed germination[J]. Zhejiang Normal University (Natural Science Edition), 2003, 26(4):394-396.)
- [21] 杨卫韵,徐根娣,钱宝英,等. Fe^{3+} 浸种对大豆种子萌发的影响[J]. 种子, 2004, 23(4):32-34. (Yang W Y, Xu G D, Qian B Y, et al. Effect of soaking with Fe^{3+} on seed germination[J]. Seeds, 2004, 23(4):32-34.)
- [22] 应燕玲,竺玉文. 不同铝浓度处理对大豆种子萌发的影响[J]. 河南农业科学, 2005(11):46-48. (Ying Y L, Zhu Y W. Effect of different concentrations of aluminum on soybean seed germination[J]. Henan Agricultural Sciences, 2005(11):46-48.)
- [23] Mann E N, de Resende P M, Mann R S. Effect of manganese application on yield and seed quality of soybean[J]. Pesquisa Agropecuaria Brasileira, 2009, 37(12):1757-1764.
- [24] Qu Y N, Zhou Q, Yu B J. Effects of Zn^{2+} and niflumic acid on photosynthesis in *Glycine soja* and *Glycine max* under NaCl stress[J]. Environmental and Experimental Botany, 2009, 65(2):304-309.
- [25] Pereira C E, Oliveira J A, Oliveira G E. Fungicide treatment by film coating and soybean seed inoculation with *Bradyrhizobium*[J]. Revista Ciencia Agronomica, 2009, 40(3):433-440.
- [26] 王宏燕,刘书宇,赵福华. 生物种衣剂对大豆发芽和苗期生长、光合作用及酶活性的影响[J]. 东北农业大学学报, 2002, 33(2):111-115. (Wang H Y, Liu S Y, Zhao F H. Effect of biological seed coating agent on soybean seed growth, photosynthesis and enzyme activities[J]. Northeast Agricultural University, 2002, 33(2):111-115.)
- [27] Thirugnanamoorthy K, Rajasekaran S, Ganesh K S, et al. Impact of dairy effluent on seed germination, seedling growth and biomass production of soybean [*Glycine max* (L.) Merr] varieties[J]. Plant Archives, 2009, 8(1):195-198.
- [28] 王树起,韩丽梅,杨振明,等. 大豆根茬腐解液和营养液残液对大豆生长发育的自感效应[J]. 中国油料作物学报, 2000, 22(3):43-47. (Wang S Q, Han L M, Yang Z M, et al. The self-inductance effects of soybean stubble residue fluid and nutrient solution on growth and development of soybean[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2000, 22(3):43-47.)
- [29] Niakan M, Mazandrani N. Allelopathic effects of Ascorbic acid and canola on germination and antioxidant enzyme activity in soybean seedlings[J]. Allelopathy Journal, 2009, 24(2):283-290.
- [30] 杜桂森,魏连昊,刘静. 苔藓植物提取液对作物种子萌发的影响[J]. 西北植物学报, 2004, 24(8):1497-1501. (Du G S, Wei L H, Liu J. Effect of moss plant extracts on seed germination[J]. Northwest Plant, 2004, 24(8):1497-1501.)
- [31] 刘天学,赵贵兴,杨青春. 秸秆焚烧土壤提取液对大豆种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 大豆科学, 2005, 24(1):67-70. (Liu T X, Zhao G X, Yang Q Q. Effect of straw burning soil extract on soybean seed germination and seedling growth[J]. Soybean Science, 2005, 24(1):67-70)
- [32] Begum M M, Sariah M, Puteh A B. Field performance of bio-primed seeds to suppress *Colletotrichum truncatum* causing damping-off and seedling stand of soybean[J]. Biological Control, 2010, 53(1):18-23.
- [33] Cassan F, Perrig D, Sgroy V. *Azospirillum brasilense* AZ39 and *bradyrhizobium* E109, inoculated singly or in combination promote seed germination and early seedling growth in corn (*Zea mays* L.) and soybean (*Glycine max* L.)[J]. European Journal of Soil Biology, 2009, 45(1):28-35.