

土壤湿度对大豆食心虫幼虫越冬行为的影响

秦昊东,高 宇,徐 伟,崔 娟,史树森

(吉林农业大学 农学院/大豆区域技术创新中心,吉林 长春 130118)

摘要:为了明确土壤湿度对大豆食心虫(*Leguminivora glycinivorella* Matsumura)脱荚幼虫越冬行为的影响,在室内条件下,设置土壤湿度为0、7.5%、15.0%、22.5%、30.0%、37.5% 6个不同梯度,利用圆盘等距随机排列等方法,测定了脱荚幼虫对不同土壤湿度的选择性以及脱荚幼虫在不同湿度土壤条件下入土爬寻时间、入土率、结茧历期和结茧率。结果表明:在土壤极端干燥(含水量0)或水淹(含水量37.5%)条件下,大豆食心虫脱荚幼虫不入土;土壤含水量7.5%~30.0%则均可正常入土,且随土壤湿度增大幼虫入土前爬寻时间缩短;在土壤含水量为15.0%时结茧历期最短;土壤湿度过高或过低均可显著影响大豆食心虫脱荚幼虫的入土率和结茧率。可见,土壤湿度对大豆食心虫幼虫越冬行为存在显著影响,土壤含水量15.0%左右是大豆食心虫脱荚幼虫入土越冬较适宜的土壤湿度。

关键词:土壤湿度;大豆食心虫;脱荚幼虫;越冬行为

中图分类号:S565.1

文献标识码:A

DOI:10.11861/j.issn.1000-9841.2015.06.1024

Effect of Soil Humidity on Overwintering Behavior of Soybean Pod Borer (*Leguminivora glycinivorella*) Larvae

QIN Hao-dong, GAO Yu, XU Wei, CUI Juan, SHI Shu-sen

(Agricultural College of Jilin Agricultural University / Innovation Center of Soybean Region Technology, Changchun 130118, China)

Abstract: The effect of soil humidity on overwintering behavior of soybean pod borer *Leguminivora glycinivorella* Matsumura (SPB) was researched. Soil humidity was set to six different gradients: 0, 7.5%, 15.0%, 22.5%, 30.0% and 37.5% under laboratory conditions. The overwintering behavior including the selectivity of SPB larvae to different soil humidities and the seeking and climbing time before drilling, rate of drill and cocoon in different soil humidities were measured using the method of random disk equidistant arrangement. The results showed that within the range of 7.5% to 30.0%, SPB larvae crawled into the soil. In addition, with the increase of soil humidity, the seeking and climbing time before drilling of full-grown larvae significantly shortened. However, the cocooning duration of full-grown larvae was the least at 15.0%. But in the extreme dry soil (0) or flooded lower (37.5%) conditions, SPB larvae did not crawled into the soil. Visibly, rate of drill and cocoon was significantly affected by soil humidity. In conclusion, 15.0% soil humidity was fit for SPB full-grown larva for overwintering.

Keywords: Soil humidity; *Leguminivora glycinivorella*; Full-grown larvae; Overwintering behavior

大豆食心虫(*Leguminivora glycinivorella* Matsumura)是我国大豆主要蛀荚害虫,国内主要分布于长江以北各大豆产区,广西、贵州、甘肃等地也有发生,以黑龙江、吉林、辽宁、河北、山东、安徽等地危害较重^[1-2]。大豆食心虫一年发生1代,为专性滞育害虫,仅为害大豆、野生大豆和苦参等植物。幼虫蛀入豆荚取食大豆籽粒,造成豆粒破瓣或被吃光^[3-4]。一般年份虫食率为5%~15%,严重年份可达35%~40%,严重降低大豆产量和品质^[2,5-6]。在东北春大豆区每年9月中旬为大豆食心虫幼虫脱荚盛期。大豆食心虫老熟幼虫脱荚后,寻找适宜土壤环境潜入土缝内结茧越冬^[3],多在豆田、晒场及附近合适的土壤内做茧^[7]。幼虫从脱荚到入土结茧滞育的历期长短直接关系到越冬幼虫被天敌捕食、寄生及病原菌感染机会的大小,在这个过程中,土壤湿度是影响大豆食心虫脱荚幼虫行为及安全越冬的重要环境因子,因此,大豆食心虫越冬幼虫脱

荚后所遇气候环境是否有利于入土越冬,直接影响下年的有效虫源基数及发生危害情况。目前关于土壤湿度对大豆食心虫脱荚幼虫越冬行为过程的影响尚不十分清楚。本研究旨在明确土壤湿度对大豆食心虫脱荚幼虫寻找越冬场所及入土结茧等行为过程的影响,为准确分析判断特定农田环境对其越冬存活率的影响,进而科学预测其下一年发生危害程度提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 供试虫源 供试虫源采自吉林农业大学大豆区域技术创新中心试验田,于2014年9月中旬大豆食心虫老熟幼虫脱荚盛期采集脱荚幼虫。大豆整个生育期不喷洒任何杀虫剂。

1.1.2 土壤基质 复合营养土(购于天运肥业有限公司)过20目筛后,在120℃高温下烘干至恒重

收稿日期:2015-05-04

基金项目:国家现代农业产业技术体系建设专项(CARS-04)。

第一作者简介:秦昊东(1989-),女,硕士,主要从事大豆害虫综合治理研究。E-mail:403836997@qq.com。

通讯作者:史树森(1963-),男,教授,博导,主要从事农业害虫综合治理与昆虫资源利用研究。E-mail:sss-63@263.net。

备用。

1.1.3 器具材料 体式显微镜、分析天平、烧杯、量桶、指形管、培养皿(直径为 6 cm)、方盘(40 cm×40 cm)、镊子、封口膜等。

1.2 方法

1.2.1 不同土壤含水量梯度 采用称重法,根据吴千红等^[8]的配置方法进行改进,具体方法如下:分别配置土壤含水量为 0、7.5%、15.0%、22.5%、30.0%、37.5%(土表呈现水层)6 个梯度。配制含水量为 0%~22.5% 4 个梯度土样时,将土壤基质烘干至恒重,每个梯度分别称土样 200 g,根据土壤含水量计算公式,计算出每个处理所需加入的水量后,分别搅拌均匀,置于自封袋中密封稳定 1 d 后待用。配制相对含水量为 30.0% 和 37.5% 土样时,将烘干至恒重基质准确称量 35 g 装入指形管中,计算所需加入水量,采用直接定量注水自然渗透法,不搅拌,待水完全均匀渗透即可。土壤含水量计算公式为:

土壤含水量(%) = $\frac{\text{土壤含水量}}{\text{土壤干重}} \times 100$

1.2.2 脱荚越冬幼虫入土对土壤湿度的选择 采用圆盘等距随机排列法,在盛有烘干土基质的方盘中,以对角中心点等距随机摆放载有上述 6 个不同土壤含水量基质的培养皿(直径为 6 cm)以半径约为 18 cm 呈圆环状排列,将每个处理的培养皿嵌入方盘基质中,与培养皿基质保持同一水平面,在中心点处接 10 头脱荚幼虫,接虫后持续观察其活动,待其全部停止选择入土后调查各培养皿中的幼虫数,3 次重复。

1.2.3 土壤湿度对脱荚幼虫爬寻时间的影响 分别在 6 cm 培养皿中装入不同湿度的土壤基质,厚度约为培养皿高的 2/3(约 0.8 cm),将脱荚幼虫单头置于培养皿中观察,每个处理 10 次重复。分别记录幼虫在土壤基质表面搜索爬行至稳定入土的时间。

1.2.4 土壤湿度对脱荚幼虫入土结茧历期的影响 在培养皿盖中,放入上述相对含水量不同的土壤基质,厚度与大豆食心虫老熟幼虫体躯直径相当(约为 2~3 mm),将脱荚幼虫单头置于基质层中心位置,再用培养皿底附于土层表面,形成均匀土层,用封口膜将其固定,防止幼虫逃逸,保持土壤湿度,每小时观察记录 1 次幼虫结茧情况,30 次重复。

1.2.5 土壤湿度对脱荚幼虫入土结茧率影响 将上述 6 个不同处理土壤基质 25 mL 置于 50 mL 加盖的指型管中,每管分别放入 10 头脱荚幼虫,36 h 后观察记录入土幼虫及结茧数量,每个处理重复 3 次。上述试验均在 24~26℃ 的室内条件下进行。

1.3 数据分析

使用 Excel 2010 及 DPS 13.50 数据处理系统软件进行分析^[9]。

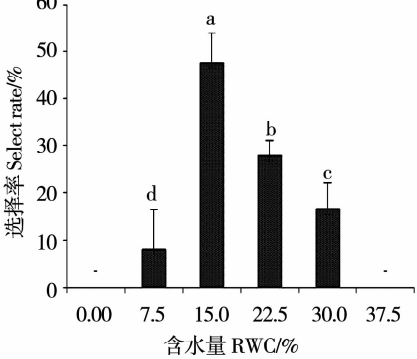
2 结果与分析

2.1 大豆食心虫脱荚幼虫对土壤湿度选择性

如图 1 所示,试验中选择含水量为 15.0% 的土壤基质入土比率最高为 47.62%,显著高于其它处理;选择含水量 22.5% 土壤基质的比率为 27.86%,显著高于选择含水量为 7.5% 和 30.0% 土壤基质的 8.10% 和 16.43%;而在土壤含水量为 0 和 37.5% 的极端情况下,脱荚幼虫不选择入土,脱荚幼虫对土壤湿度的选择性存在显著差异。可见,大豆食心虫老熟幼虫脱荚后需要选择适宜的土壤环境入土越冬,在不同试验处理中,土壤基质含水量为 7.5%~30.0% 范围内大豆食心虫脱荚幼虫均可入土越冬,其中,选择土壤基质含水量为 15.0% 处理入土比例的最高。

2.2 土壤湿度对大豆食心虫脱荚幼虫入土前爬寻时间的影响

由表 1 可知,在土壤极端干燥(含水量 0)和水淹(含水量 37.5%)的情况下,大豆食心虫脱荚幼虫分别于 36 和 18 h 后死亡,无法入土完成越冬行为。在土壤含水量为 7.5%~30.0% 范围内均可入土,且入土爬寻时间有随着土壤含水量增大而缩短的趋势明显。其中,土壤基质含水量为 7.5% 时入土爬寻平均时间为 43.2 min,长于 15.0% 时的 34.7 min,但两者之间无显著差异,在土壤基质含水量为 22.5% 和 30.0% 时,入土爬寻时间分别为 18.9 和 15.2 min,两者之间无显著差异,但均显著短于 7.5% 时入土爬寻时间。可见,较湿润的土壤环境有利于大豆食心虫脱荚幼虫缩短爬寻入土时间,进而减少其暴露时间,降低与天敌相遇机会,有利于其安全入土越冬,反之则不利。



图中标有不同小写字母表示经 Duncan 氏新复极差法检验不同处理间差异显著($P < 0.05$)。下同。

Different small in the figure indicated significant difference at 0.05 level, respectively by Duncan's new multiple range test. Same as below.

图 1 大豆食心虫脱荚幼虫对不同土壤湿度的选择性

Fig. 1 Selectivity of *Leguminivora glycinivorella* lavar to different soil humidities

表 1 不同土壤湿度对脱荚幼虫爬寻时间的影响

Table 1 Effect of *Leguminivora glycinivorella* larva found the grave on different soil humidities

相对含水量 RWC/%	观察总虫量 Total number/Head	最短爬寻时间 Minimum duration/min	最长爬寻时间 Maximum duration/min	平均爬寻时间 Average time/min	备注 Comment
0	10	—	—	—	36 h 后失水死亡 36 h water loss after death
7.5	10	15	98	43.2 ± 29.73 a	
15.0	10	15	58	34.7 ± 20.09 ab	
22.5	10	11	33	18.9 ± 7.29 bc	
30.0	10	7	32	15.2 ± 8.26 c	
37.5	10	—	—	—	18 h 后水淹死亡 18 h flooded after death

表中数据为平均值 ± 标准差, 同一行数据后标有不同小写字母表示经 Duncan 氏新复极差法检验不同处理间差异显著 ($P < 0.05$)。下同。
The data were mean ± SD. Different small and capital letters in the same row indicated significant difference at 0.05 level, respectively by Duncan's new multiple range test. The same below.

2.3 土壤湿度对大豆食心虫入土幼虫结茧历期的影响

土壤湿度对大豆食心虫入土幼虫的结茧历期的影响结果见表 2。在脱荚幼虫能够正常入土越冬湿度范围内, 幼虫在土壤含水量为 15.0% 时结茧历期最短, 平均结茧历期为 27.2 h, 明显低于其它处理; 土壤含水量为 7.5% 和 22.5% 的两个处理中平均结茧历期分别为 44.4 和 41.4 h, 两者之间无显著差异; 在土壤含水量为 30.0% 时结茧历期最长, 为 60.4 h, 显著高于其它湿度处理。可见, 土壤湿度对大豆食心虫脱荚幼虫入土结茧行为具有显著影响。根据土壤含水量与入土幼虫结茧历期的关系, 拟合出二次曲线方程: $y = 73.0500 - 527.4324x + 1652.6662x^2$ ($R^2 = 0.9364$, $F = 7.3641$, $P = 0.2522$), 可推定土壤含水量 15.96% 为幼虫结茧最

佳理论含水量。

2.4 土壤湿度对大豆食心虫脱荚幼虫入土结茧率的影响

由图 2 可以看出, 在土壤含水量为 0 和 37.5% 时脱荚幼虫入土率为零。在 7.5% ~ 30.0% 范围内, 土壤湿度对脱荚幼虫入土率影响差异性较小。其中在土壤含水量为 7.5% ~ 22.5% 范围内, 幼虫全部入土, 处理间无差异, 且入土后各处理结茧率也无显著性差异; 只有在土壤含水量为 30.0% 的条件下, 幼虫入土率为 80%, 显著低于其它 3 个处理, 入土后结茧率为 86.67%, 显著高于土壤含水量为 7.5% 时的结茧率 73.33%。可见, 过于干燥和过于湿润的土壤均可显著降低大豆食心虫脱荚幼虫入土率, 并对其入土后的结茧率也具有一定的影响。

表 2 不同土壤湿度对入土幼虫结茧历期的影响

Table 2 Effect of soil into larvae cocoon on different soil humidities

相对含水量 RWC/%	观察虫量 Total number/Head	最短结茧历期 Minimum cocooning period/h	最长结茧历期 Maximum cocooning period/h	平均结茧历期 Average period/h
0	30	—	—	—
7.5	30	37	59	44.4 ± 7.71 b
15.0	30	14	38	27.2 ± 4.10 c
22.5	30	35	51	41.4 ± 2.97 b
30.0	30	54	67	60.4 ± 5.41 a
37.5	30	—	—	—

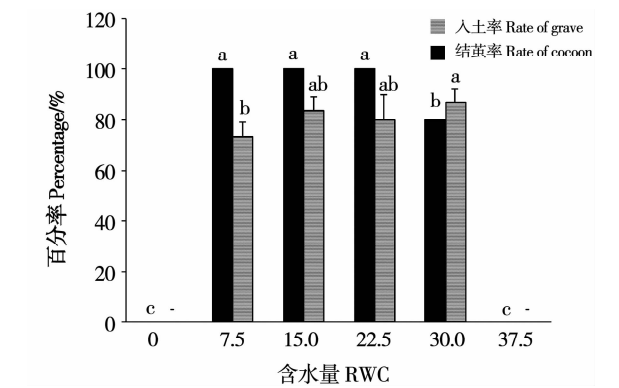


图2 不同土壤湿度对大豆食心虫越冬幼虫入土结茧率的影响

Fig.2 Effect of rate of *Leguminivora glycinivorella* larva overwintering larvae on different soil humidities

3 结论与讨论

土壤湿度对大豆食心虫脱荚幼虫爬寻、入土及结茧等行为均有显著影响。在土壤湿度为0、7.5%、15.0%、22.5%、30.0%、37.5% 6个梯度中,大豆食心虫脱荚越冬幼虫入土选择含水量15.0%土壤的比例显著高于其它含水量土壤。其中,含水量15.0%土壤中入土幼虫结茧历期亦最短,通过二次方程拟合土壤含水量与结茧历期的关系为: $y = 73.0500 - 527.4324x + 1652.6662x^2$,可推定土壤含水量15.96%为入土幼虫结茧最佳理论含水量,土壤含水量低于7.5%或高于30.0%均不利于大豆食心虫越冬幼虫入土结茧。综上所述,土壤含水量为15.0%左右是大豆食心虫脱荚幼虫较理想的土壤环境。

土壤含水量是土壤重要的物理性状指标之一,与生活在土壤中的昆虫有着密切的关系。张慧杰等^[10]研究表明,不同降水时间对田间土壤湿度产生不同变化,土壤高湿、干涸和板结对美洲斑潜蝇蛹的羽化具有极大的抑制作用。土壤湿度对昆虫在土中的分布,潜层深度,滞育发生时间,存活率等都有着重要的影响^[11]。可见,土壤含水量高低及相关性状对土栖昆虫的生长发育及行为等均具有显著影响。本研究通过对大豆食心虫越冬幼虫入土行为观察,明确了其幼虫脱荚后在地表爬寻时间和入土率等均与土壤含水量显著相关。陈法军等^[12-14]在农田自然环境条件下研究认为,土壤湿度变化较大,可以打破虫体内的水分平衡,进而对其个体发育及群体发生等产生影响。吴孔明等^[15]研究认为,土壤湿度对棉铃虫幼虫入土前存活率、蛹期存活率及成虫羽化率均有较高影响,大田土壤自然含水量越高,蛹存活率及羽化率越低,吴子江等^[16]也证实土壤含水量大是棉铃虫蛹期死亡的关键因子。大

豆食心虫脱荚幼虫入土后,其结茧历期在不同土壤含水量条件下存在显著差异,其结茧率亦受土壤湿度影响,过于干燥和过于湿润的土壤均可显著降低大豆食心虫脱荚幼虫结茧率。土壤是大豆食心虫脱荚幼虫越冬的基本环境,大豆食心虫脱荚幼虫入土结茧过程是其生活史周期的薄弱环节之一,尤其在脱荚入土前爬寻裸露期间及入土后结茧过程快慢是遭受各种天敌攻击及病原菌寄生的主要阶段。越冬幼虫脱荚盛期若遇降雨,土壤湿润,则有利于幼虫入土越冬,干旱则反之。本研究明确了土壤湿度环境对大豆食心虫脱荚越冬幼虫行为的影响,其结果将为开展该害虫发生及危害程度的准确测报提供科学依据。

参考文献

[1] 史树森. 大豆害虫综合防控理论与技术[M]. 长春: 吉林出版集团有限责任公司, 2013:199-204. (Shi S S. Soybean pests comprehensive prevention and control theory and technology [M]. Changchun: Jilin Publishing Group Company, Limited, 2013: 199-204.)

[2] 王克勤, 李新民, 刘春来, 等. 黑龙江省大豆品种对大豆食心虫抗性评价[J]. 大豆科学, 2006, 25(2): 153-157. (Wang K Q, Li X M, Liu C L, et al. Pod borer [*Leguminivora glycinivorella* (Mats)] resistance to soybean cultivars in Heilongjiang [J]. Soybean Science, 2006, 25(2): 153-157.)

[3] 徐庆丰, 郭守桂, 韩玉梅, 等. 大豆食心虫 *Leguminivora glycinivorella* (Mats) Obraztsov 的研究[J]. 昆虫学报, 1965, 14(5): 461-475. (Xu Q F, Gou S G, Han Y M, et al. A study on the soybean pod borer [*Leguminivora glycinivorella* (Mats.) Obraztsov] [J]. Acta Entomologica Sinica, 1965, 14(5): 461-475.)

[4] 于凤瑶, 辛秀瑛, 张代军, 等. 抗灰斑病大豆品种农艺性状、品质性状与产量性状的典型相关分析[J]. 农业现代化研究, 2012, 33(3): 372-375. (Yu F Y, Xin X J, Zhang D J, et al. Canonical correlation analysis for agronomic trait group, quality trait group and yield in soybean immune to grey speck disease [J]. Research of Agricultural Modernization, 2012, 33(3): 372-375.)

[5] 赵爱莉, 王陆玲, 王晓丽, 等. 大豆品种抗大豆食心虫性与其形态学和生物学因子关系的研究[J]. 吉林农业大学学报, 1994, 16(4): 43-48. (Zhao A L, Wang L L, Wang X L, et al. Study of relationship between resistance to soybean pod borer and morphological & biological factors of soybean varieties [J]. Journal of Jilin Agricultural University, 1994, 16(4): 43-48.)

[6] 王继安, 罗秋香. 大豆食心虫抗性品种鉴定及抗性性状分析[J]. 中国油料作物学报, 2001, 23(2): 58-60 (Wang J A, Luo Q X. Evaluation of soybean pod borer resistance and analysis of resistance characteristics in soybean [J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2001, 23(2): 58-60)

[7] 刘友樵, 白九维. 中国经济昆虫志. 第21册. 鳞翅目. 卷蛾科[M]. 北京: 科学出版社, 1977: 271. (Liu Y J, Bai J W. China economic insect fauna. Section 21. Lepidoptera. Pyralidae

- [M]. Beijing: Science Press, 1977:271.)
- [8] 吴千红,邵则歆,苏德明. 昆虫生态学实验[M]. 上海:复旦大学出版社,1991:271. (Wu Q H, Shao Z X, Su D M. Insect ecology experiment[M]. Shanghai: Fudan University Press,1991: 271.)
- [9] 唐启义,冯明光. 实用统计分析及其 DPS 数据处理系统[M]. 北京: 科学出版社,2002. (Tang Q Y, Feng M G. DPS data processing system for practical statistics[M]. Beijing: Science Press, 2002.)
- [10] 张慧杰,段国琪,张战备,等. 空气和土壤湿度对美洲斑潜蝇发育与存活的影响[J]. 生态学报,2004, 24(3):538-541. (Zhang H J, Duan G Q, Zhang Z B, et al. Effect of air and soil humidity on development and survival of *Liriomyza sativae* [J]. Acta Ecologica Sinica, 2004, 24(3):538-541.)
- [11] 党志浩,陈法军. 昆虫对降雨和干旱的响应与适应[J]. 应用昆虫学报,2011, 48(5):1161-1169. (Dang Z H, Chen F J. Responses of insects to rainfall and drought[J]. Chinese Journal of Applied Entomology, 2011, 48(5):1161-1169.)
- [12] 陈法军,翟保平,张孝羲. 棉铃虫入土化蛹的生物学习性[J]. 植物保护,2002, 28(1):18-20. (Chen F J, Zhai B P, Zhang X X. Biological habits of tunneling and pupation of cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner) [J]. Plant Protection, 2002, 28(1):18-20.)
- [13] 陈法军,翟保平,张孝羲. 棉铃虫蛹期土壤水分对其种群发生的影响[J]. 生态学报,2003, 23(1):112-121. (Chen F J, Zhai B P, Zhang X X. Effects of soil moisture during pupal stage on populating development of cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner) [J]. Acta Ecologica Sinica, 2003, 23(1):112-121.)
- [14] 常晓娜,高慧璟,陈法军,等. 环境湿度和降雨对昆虫的影响[J]. 生态学杂志,2008, 27(4):619-625. (Chang X N, Gao H J, Chen F J, et al. Effects of environmental moisture and precipitation on insects: A review [J]. Chinese Journal of Ecology, 2008, 27(4):619-625.)
- [15] 吴孔明,郭予元. 土壤含水量对不同地理种群棉铃虫羽化及抗寒能力的影响[J]. 植物保护学报,1997, 24(2):142-146. (Wu K M, Guo Y Y. The influences of soil moisture content on emergence and cold hardiness of different geographical populations of cotton bollworm [J]. Acta Phytophylacica Sinica, 1997, 24(2):142-146.)
- [16] 吴子江. 大田土壤含水量与棉铃虫蛹期数量变动规律的相关分析[J]. 昆虫知识,1992, 29(2):77-79. (Wu Z J. Correlation analysis of soil moisture and law of population bollworm pupal stage [J]. Entomological Knowledge, 1992, 29(2):77-79.)

(上接第 1023 页)

参考文献

- [1] 刘建中,李振声,李继云. 利用植物自身潜力提高土壤中磷的生物有效性[J]. 生态农业研究,1994,2(1):16-23. (Liu J Z, Li Z S, Li J Y. Utilization of plant potentialities to enhance the bio-efficiency of phosphorus in soil [J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 1994, 2(1):16-23.)
- [2] 刘国栋,李继云,李振声. 植物高效利用土壤磷营养的化学机理[J]. 植物营养与肥料学报,1995(3):72-78. (Liu G D, Li J Y, Li Z S. Chemical mechanism of plants efficiently utilizing phosphorus [J]. Plant Nutrition and Fertilizing Science, 1995(3): 72-78.)
- [3] 王文启. 不同熟期大豆磷素吸收积累规律的研究[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2013. (Wang W Q. Soybean of phosphorus uptake and accumulation in different maturity study [D]. Harbin: Northeast Agriculture University, 2013.)
- [4] 吴明才,肖昌珍,郑普英. 大豆磷素营养研究[J]. 中国农业科学,1999,32(3):59-65. (Wu M C, Xiao C Z, Zheng P Y. Study on phosphorus nutrition of soybean [J]. Scientia Agricultura Sinica, 1999, 32(3):59-65.)
- [5] 胡根海,章建新,唐长青. 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. (Hu G H, Zhang J X, Tang C Q. Growth changing and dry matter accumulation and distribution in spring soybean Bei Jiang [J]. Xinjiang Agriculture Science, 2002, 39(5):264-267.)
- [6] Li Y D, Wang Y J, Tong Y P, et al. QTL mapping of phosphorus efficiency to lernancein soybean (*Glycine max* L.) [J]. Euphytica, 2005, 142:137-142.
- [7] 李一丹. 大豆耐低磷相关性状的 QTL 分析[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2004. (Li Y D. QTL mapping of phosphorus deficiency tolerance in soybean (*Glycine max* L. Merr.) [D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 2004.)
- [8] 李远明,刘丽君,祖伟,等. 不同基因型大豆品种干物质积累与产量形成的关系[J]. 东北农业大学学报,1999,30(4):324-328. (Li Y M, Liu L J, Zu W, et al. The relationship between dry matter accumulation and yield among different genotypes of soybean [J]. Journal of Northeast Agricultural University, 1999, 30(4):324-328.)
- [9] 孙贵荒,刘晓丽,董丽杰,等. 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. (Sun G H, Liu X L, Dong L J, et al. Studies on the relationship between yield and drymatter accumulation in high yield potential [J]. Soybean Science, 2002, 21(3):199-202.)
- [10] 何天祥,郑传刚,吉牛拉惹,等. 攀西地区秋大豆干物质积累与分配规律的研究[J]. 大豆科学,2001,20(3):215-220. (He T X, Zheng C G, Ji NiuLare, et al. Study on accumulation and distribution of drysubstances of autumn soybeans in Panxi [J]. Soybean Science, 2001, 20(3):215-220.)