

黑土区不同抗性大豆品种与大豆胞囊线虫群体动态关系

许艳丽¹, 陈伊里², 司兆胜³, 李春杰¹, 温广月¹

(1. 中国科学院东北地理与农业生态研究所, 哈尔滨 150040; 2. 东北农业大学, 哈尔滨 150030; 3. 黑龙江省植检植保站, 哈尔滨 150090)

摘要 大豆胞囊线虫(*Heterodera glycines* Ichinohe, 简称 SCN)病是一种大豆最严重的病害之一, 应用抗病品种和轮作是控制该病最经济有效的方法。上个世纪 80 年代以来我国也相继育成了一些抗大豆胞囊线虫病品种, 为了探讨不同抗性品种与大豆胞囊线虫群体动态关系和抗性品种的抗性机制, 在黑土区的中国科学院海伦农业生态试验站的长期定位区, 取我国大豆主产区常见的小麦——玉米——大豆轮作、玉米——大豆——玉米——大豆迎茬、小麦——大豆——小麦——大豆迎茬和大豆连作 13 年 4 种轮作方式, 以在我国大豆主产区育成的抗大豆胞囊线虫 3 号生理小种的抗线 4 号和非抗病品种黑农 35 为材料, 研究了不同抗性品种大豆在不同轮作系统中根内不同龄期线虫和根面雌虫发育动态。结果表明, 不同大豆品种根内二龄幼虫(J2)数量存在着差异, 在大豆连作 13 年、玉米豆和豆麦豆茬口上种植的抗线 4 号根内 J2 数量高于黑农 35; 在大豆连作 13 年、轮作、玉米豆和豆麦豆茬口和麦豆麦豆茬口 4 个茬口中抗线 4 号根内三龄幼虫(J3)、四龄幼虫(J4)数量和根面雌虫数量明显低于黑农 35。由此推断抗线 4 号对大豆胞囊线虫 3 号生理小种的抗性机制可能是抗线虫发育, 而不是抗线虫侵入。

关键词 大豆胞囊线虫; 轮作; 连作; 品种抗性; 群体动态

中图分类号 S432.45 **文献标识码** A **文章编号** 1000-9841(2007)04-0555-06

THE RELATIONSHIP BETWEEN DIFFERENT RESISTANT SOYBEAN CULTIVARS AND THE POPULATION DYNAMICS OF *HETERODERA GLYCINES*

XU Yan-li¹, CHEN Yi-li², SI Zhao-sheng³, LI Chun-jie¹, WEN Guang-yue¹

(1. Northeast Institute of Geography and Agricultural Ecology, CAS, Harbin 150040; 2. Northeast Agricultural University, Harbin 150030; Plant Quarantine and Plant protection Station of Heilongjiang Province, Harbin 150090)

Abstract Soybean cyst nematode (*Heterodera glycines* Ichinohe, SCN) was a destructive disease of soybean. Growing resistant cultivars and rotation with non-host crops were major management strategies. Since the 80's of 20 centuries some resistant soybean cultivars to soybean cyst

收稿日期: 2006-12-14

基金项目: 黑龙江省自然科学基金项目(C200630); 中国科学院知识创新工程重大项目(KZCX1-SW-19-4-03)

作者简介: 许艳丽(1958-), 女, 研究员, 博士, 博士生导师, 从事大豆病害和土壤微生态研究。E-mail: xuyi2002@yahoo.com

通讯作者: 陈伊里, 教授, 主要从事作物遗传与育种研究; E-mail: potato@neau.edu.cn

nematode have been released for the use in the soybean—growing areas of the China. Field research was conducted to evaluate the relationship between different resistant soybean cultivars and the population dynamics of *Heterodera glycines* and mechanism of soybean resistant to *Heterodera glycines* in 5 rotation systems of long term site—specific field experiment. The field experiment located at National Observation Station of Hailun Agro—ecology System, CAS in black soil region. The 5 rotation systems are soybean rotation with wheat and corn (W-C-S), wheat soybean wheat soybean (W-S-W-S), corn—soybean—corn—soybean (C-S-C-S) and continuous cropping soybean for 13 years (SSS-S for 13 years). In the experiment the two cultivars were used, resistant cultivar Kangxian 4 to race 3 of *Heterodera glycines* and non resistant cultivar Heinong 35. The results showed that there were different population dynamics of *Heterodera glycines* on different resistant cultivars. There were more numbers of second stage juveniles (J2) of *Heterodera glycines* in the roots of resistant cultivar Kangxian 4 than non resistant cultivar Heinong 35 in the cropping systems of W-S-W-S, C-S-C-S and SSS-S for 13 years. In contrast, the numbers of third stage juveniles (J3) and fourth stage juveniles (J4) of *Heterodera glycines* in the roots and female adults on roots of resistant cultivar Kangxian 4 were largely below that Heinong 35 in the cropping systems of W-C-S, W-S-W-S, C-S-C-S and SSS-S for 13 years. Therefore conclusion was that the resistance mechanism to race 3 of *Heterodera glycines* of Kangxian 4 was resistance *Heterodera glycines* development but invasion.

Key words *Heterodera glycilnes*; Rotation; Continuous cropping; Cultivar resistant; Population dynamics

大豆胞囊线虫(*Heterodera glycines* Ichnohe, 简称 SCN)病是中国乃至世界大豆(*Glycine max* (L.) Merr.)最严重的病害之一,由于大豆胞囊线虫以胞囊形式长期存活于土壤中,并且传播途径多,使之成为一种极难防治的土传病害。应用抗病品种和轮作是控制大豆胞囊线虫病最经济有效的方法。因此,抗感品种对大豆胞囊线虫的反应及抗性机制更多地引起人们的关注。

Ross 等研究发现抗病品种 Peking 坏死细胞附近的雌线虫只发育到 3 龄幼虫^[1]。刘晔等研究结果表明,抗病品种 Peking 感染大豆胞囊线虫 1 号小种 13 d 时,线虫处于蠕虫状态,而感病品种 PI88788 雌虫虫体已开始膨大呈长卵形。第 19 d 时 PI88788 雌虫已成熟,虫体膨大呈梨形,末端已突破根表皮露出根外,而抗病品种 Peking 上虽然有的雌虫已膨大呈长卵形,但仍在根组织内发育^[2]。颜清上等研究了我国筛选的两个小黑豆抗源灰皮支黑豆及元钵黑豆和感病品种鲁豆 1 号对大豆胞囊线虫 4 号小种侵染和发育的反应,结果表明,接种大豆胞囊线虫后水培 15~17d 抗病品种根内 2 龄幼虫和 3 龄幼虫极显著高于感病对照鲁豆 1 号,而 4 龄幼虫雌成虫和成虫数则是感病品种高于抗病品种^[3]。张东升研究认

为,大豆胞囊线虫 7 号小种在不同抗性品种内发育程度明显不同。接种大豆胞囊线虫 13 d 时,高抗品种 Pickett 和 Peking 3 龄以上幼虫占侵入总虫数比例明显小于该小种感病品种 PI88788、PI90763 和 Lee。因此,认为供试的高抗大豆品种 Pickett 和 Peking 并不能阻止大豆胞囊线虫的侵入,但可以抑制线虫在其中的发育,使大多数线虫不能发育到 3 龄以上虫态,形成的胞囊大幅度减少,从而降低土壤中此线虫的群体密度的增加速度^[4]。J. M. Halbrendt 等研究则认为,不同大豆品种抗胞囊线虫不同的发育时期,如抗病品种 PI209332 主要是影响 3~4 龄期幼虫、Pickett 主要是影响 2~3 龄期幼虫、而 PI89772 则影响线虫整个发育期,雄虫发育显著地受 PI89772 影响,而 Pickett 和 PI209332 却不影响雄虫发育^[5]。吴海燕等对不同抗性大豆品种田间种植后根内幼虫和根际土壤中幼虫调查结果表明,不同抗性的品种根内和根际土中 2 龄幼虫出现高峰有差别,推断抗病品系辽 K89102 为抗侵入型,抗性品种 PI90763 为抗发育型^[7]。远方等研究抗性品系 PI90763、PI37654、Peking、磨石豆、哈尔滨小黑豆、应县小黑豆、小粒黑豆和感病品种辽豆 10 号根内大豆胞囊线虫不同龄期幼虫发现,在线虫侵染的中后期感病品种根内线虫总数是抗性品系的

3~10 倍,磨石豆根内 2~3 龄期幼虫死亡率高,多数抗性品系对大豆胞囊线虫从 3~4 龄幼虫阶段的抑制强于 2~3 龄幼虫^[7]。虽然国内外学者研究了大豆对大豆胞囊线虫抗性机制和抗性反应,但多是以国外的抗性品种为研究对象,或以国内的抗性品系为材料,而对我我国近年新育成的抗大豆胞囊线虫品种的抗性机制和对大豆胞囊线虫抗性反应则报道不多。本文以我国大豆主产区育成的抗大豆胞囊线虫 3 号生理小种的抗线 4 号和东北大豆产区重要的高蛋白品种黑农 35 为材料,研究了在大豆不同轮作系统中根内不同龄期线虫和根面雌虫情况,以期探讨不同大豆品种对大豆胞囊线虫群体密度的反应和抗线 4 号对大豆胞囊线虫 3 号小种抗性反应和抗性机制。

1 材料与方法

1.1 大豆品种

黑农 35 由黑龙江省农业科学院大豆研究所提供,抗线 4 号由黑龙江省农业科学院盐碱地研究所田中艳提供,该品种抗大豆胞囊线虫 3 号生理小种。

每个茬口试验区内设裂区种植黑农 35 和抗线 4 号 4 行,垄长 10 m,垄宽 0.7 m,每个品种种植面积 28 m²,3 次重复。

1.2 供试茬口及设置

以往东北种植大豆多采用与玉米、小麦轮作或迎茬形式,最近十多年大豆连作形式也较多,因此,本试验取北方常见的以下 4 种轮作方式进行田间试验,以确保试验的代表性。

供试茬口:

大豆——小麦——大豆(SWS)、大豆——玉米——大豆(SCS)、

小麦——玉米——大豆(WCS)、大豆连作 13 年(S...SS)

试验地点在中国科学院海伦农田生态系统国家野外科学观测研究站,观测研究站位于松嫩平原东北部的黑龙江省海伦市西郊,北纬 47°26',东经 126°38'海拔高度 240 m。试验在大豆长期连作定位试验区进行,试验区土壤为典型黑土。定位试验于 1991 年开始,以黑龙江省主要轮作体系中主要作物大豆、玉米和小麦为迎茬、轮作和连作作物,设置不同茬口,每个处理在一定年限都循环自成轮作体系。小区垄长 10 m,垄宽 0.7 m,小区面积 77 m²,全定位区共设 18 个区,总面积 1386 m²。定位试验区供

试作物品种:大豆为黑农 35,玉米为海育 6 号,小麦为龙麦 19。大豆施肥量:磷酸二铵 150 kg/hm²;玉米施肥量:磷酸二铵 150 kg/hm²、尿素 225 kg/hm²(一半基肥,一半追肥);小麦施肥量:磷酸二铵 84 kg/hm²,尿素 168 kg/hm²。大豆密度为 30 万株/hm²,玉米密度为 4.8 万株/hm²,小麦密度 600 万株/hm²。人工播种,田间管理采用当地常规方法,3 种作物均为垄作,三铲三趟,小麦收获后每年夏季,人工翻地,大豆和玉米收获后秋季机械旋耕。

1.3 试验区大豆胞囊线虫

试验区大豆胞囊线虫为 3 号小种。从中国科学院海伦农业生态实验站大豆长期连作定位试验区分离胞囊,采用国际通用鉴别寄主、塑料钵柱法进行生理小种鉴定为 3 号小种^[8]。

1.4 大豆植株样品的采集

2003 年春季大豆出苗后每 7 d 取样测定根内大豆胞囊线虫各龄期幼虫,共取样 5 次。每个品种随机选 3 株,去表土后挖取植株,并连根拔除,尽量保持根系的完整,测定根内幼虫。

1.5 大豆胞囊线虫测定

1.5.1 大豆根染色和单位根鲜重计算 将大豆植株用流水冲洗后,在子叶痕处剪断,将大豆根秤重,然后参照刘维志方法进行大豆根内线虫染色^[9],体式镜下观察并计数根内各龄线虫,再折算成每克鲜根内线虫数量。

1.5.2 大豆根面雌虫计数 在大豆出苗后 35 d(大豆胞囊线虫发育为雌虫)后,每个品种随机选 3 株,轻轻挖出,抖掉大豆根上土,计算每株大豆根面雌虫数量。

1.6 数据统计分析

所得数据都使用 SAS 统计分析软件计算显著性差异和多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同大豆品种在不同茬口种植根内 2 龄幼虫数量动态变化

根内大豆胞囊线虫 2 龄幼虫(J2)调查结果显示,不同大豆品种在不同茬口种植后根内 J2 数量存在着差异,同是迎茬根内 J2 也不同,在豆麦豆(S—W—S)迎茬上种植的抗线 4 号根内 J2 数量高于黑农 35,在 6 月 3 日~6 月 24 日,2 个品种根内 J2 差异均达到显著水平。豆米豆(S—W—S)迎茬中抗

线4号根内J2数量前期高于黑农35,在6月3日出现1次高峰,后期J2数量急剧下降,但黑农35却在6月17日出现1次高峰,这2次高峰2个品种根内J2数量差异达显著水平(图1)。

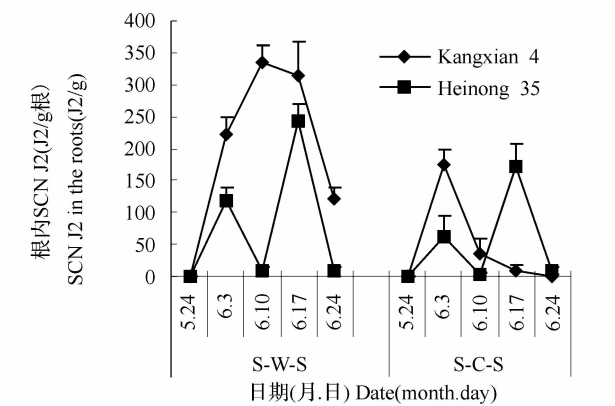


图1 豆—麦—豆和豆—米—豆迎茬不同大豆品种根内大豆胞囊线虫J2数量
Fig.1 Mean SCN J2 in the different varieties roots for S—W—S and S—C—S

大豆连作13年茬口上抗线4号根内J2数量明显高于黑农35,并在6月3日出现一次高峰,6月10日以后在下降,在6月3日和6月10日,2个品种在根内J2差异均达到显著水平。而黑农35根内J2数量仅在6月17日出现一个小高峰,5次根内J2数量均为超过100个。在麦米豆轮作茬口中抗线4号根内J2数量前期低于黑农35,后期高于黑农35,高峰期较黑农35拖后1周,并且峰值低于黑农35,在6月3日和6月10日,2个品种根内J2差异均达到显著水平(图2)。

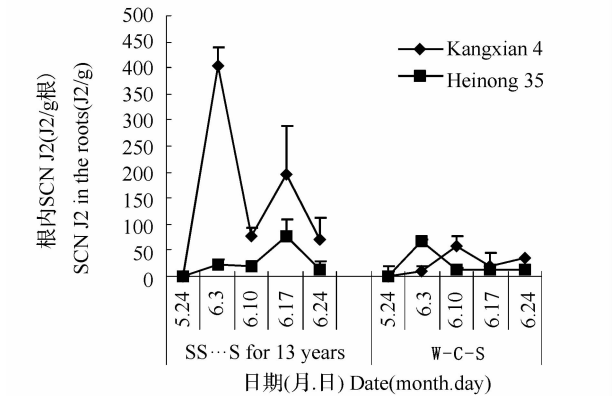


图2 大豆连作13年和麦—米—豆轮作条件下大豆根内大豆胞囊线虫J2数量
Fig.2 Mean SCN J2 in the different varieties roots for SS...S 13 years and rotation

2.2 不同大豆品种在不同茬口种植根内3龄幼虫数量动态变化

调查结果显示,不同大豆品种在不同茬口种植后根内3龄幼虫(J3)数量也存在着差异,在豆麦豆茬口上种植的抗线4号根内J3数量高于黑农35,高峰期都出现在6月17日,但抗线4号大豆根内J3数是黑农35的2倍,在6月10日和6月24日,2个品种在根内J3差异均达到显著水平。豆米豆茬口中抗线4号和黑农35根内J3数量高峰期也都出现在6月10日,此时黑农35根内J3高于抗线4号,之后抗线4号根内J3数量明显下降,黑农35较抗线4号下降得多,二者差异达到显著水平。但黑农35到6月24日又出现一次高峰,使抗线4号和黑农35根内J3数量差距更大,二者差异达到极显著水平(图3)。

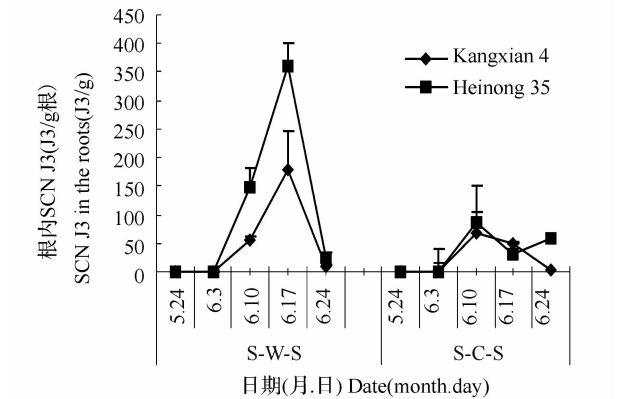


图3 豆—麦—豆和豆—米—豆迎茬不同大豆品种根内大豆胞囊线虫J3数量
Fig.3 Mean SCN J3 in the different varieties roots for S—W—S and S—C—S

大豆连作13年茬口上种植黑农35根内J3数量明显高于抗线4号,在6月10日—6月24日2个品种J2差异均达到显著水平。黑农35根内J3在6月17日出现一次高峰,根内J3高达233.7头,此时是抗线4号根内J3数量的36倍。此茬口上抗线4号根内J3数量一直很低,均未超过15个,并且没有明显的高峰出现,由此看出抗线4号的抗线虫能力非常强,即使在大豆连作13年、胞囊线虫基数如此大的情况下,根内被寄生的线虫也非常少。在正常轮作的麦米豆茬口中抗线4号和黑农35根内J3数量前2次都为0,6月3日以后黑农35的J3数量急剧上升,在6月10日达到高峰,此时的根内J3数量是抗线4号的7倍多,之后保持在每克大豆根内J3在70个左右;但抗线4号每克大豆根内J3数量直

到后期也未超过 20 个,方差分析结果显示,在 6 月 10 日—6 月 24 日,2 个品种在根内大豆胞囊线虫 J2 差异均达到显著水平(图 4)。

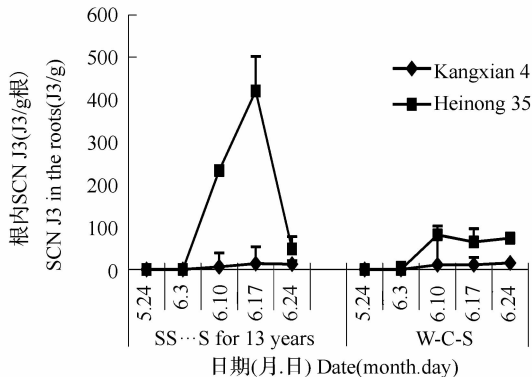


图 4 大豆连作 13 年和麦—米—豆轮作条件下大豆根内大豆胞囊线虫 J3 数量
Fig. 4 Mean SCN J3 in the different varieties roots for SS...S 13 years and rotation

2.3 不同大豆品种在不同茬口种植根内 4 龄幼虫数量动态变化

对 4 龄幼虫(J4)调查结果显示,不同大豆品种在不同茬口种植后根内 J4 数量也存在着差异。在豆麦豆茬口上种植的抗线 4 号和黑农 35 根内 J4 与 J3 数量变化趋势相似,都是前期为 0,6 月 10 日 J4 数量开始上升,2 个品种根内 J4 数量差异达到显著水平,6 月 17 日以后都出现高峰期,之后又下降,但除 6 月 24 日抗线 4 号根内 J4 稍高于黑农 35 外,在近 1 个月内抗线 4 号根内 J4 一直低于黑农 35。在豆米豆茬口中两品种根中 J4 变化与豆麦豆茬口非常相近,抗线 4 号和黑农 35 根内 J4 数量在 6 月 3 日之后都开始上升,但黑农 35 较抗线 4 号高,在 6 月 17 日黑农 35 根内 J4 数量达到最高,是抗线 4 号的 4 倍,2 个品种根内 J4 数量差异达到极显著水平,随后都开始下降,但 6 月 24 日 2 个品种根内 J4 数量差异仍达到显著水平(图 5)。

大豆连作 13 年茬口上两品种 J4 数量趋势与豆米豆茬口根内 J4 相似,即黑农 35 根内 J4 数量明显高于抗线 4 号,并在 6 月 17 日出现一次高峰,此高峰中黑农 35 根内 J4 数量是抗线 4 号根内 J4 数量的 45 倍,之后黑农 35 根内 J4 数量下降到 100 以下,但两个品种根内 J4 数量差别仍很大。方差分析结果显示,6 月 17 日—6 月 24 日 2 个品种根内 J4 数量差异达到极显著水平。抗线 4 号根内在 6 月 10 日以前没有 J4,可见抗线 4 号根内 J4 发育晚于

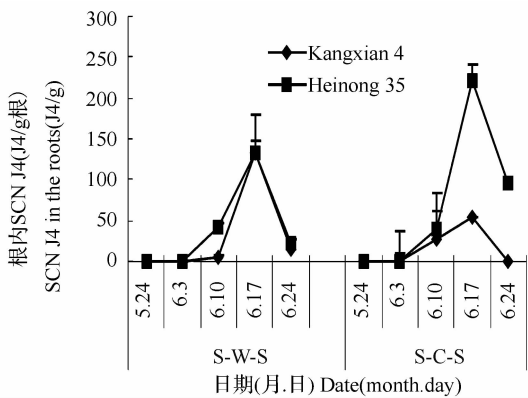


图 5 豆—麦—豆和豆—米—豆迎茬不同大豆品种根内大豆胞囊线虫 J4 数量
Fig. 5 Mean SCN J4 in the different varieties roots for S—W—S and S—C—S

黑农 35,抗线 4 号根内 J4 在 6 月 17 日以后才出现,但数量很低,到 6 月 24 日还未超过 20 个。在麦米豆茬口中抗线 4 号和黑农 35 根内 J4 数量前 2 次为 0,在 6 月 3 日以后黑农 35 根内 J4 数量上升很快,2 个品种根内 J4 数量差异达到极显著水平。6 月 10 日以后抗线 4 号根内 J4 数量也开始稍有上升,但黑农 35 根内 J4 数量始终高于抗线 4 号,在 6 月 24 日达到高峰,此时的根内 J4 数量是抗线 4 号的 3.8 倍,在 6 月 17 日—6 月 24 日 2 个品种根内 J4 数量差异达到显著水平(图 6)。

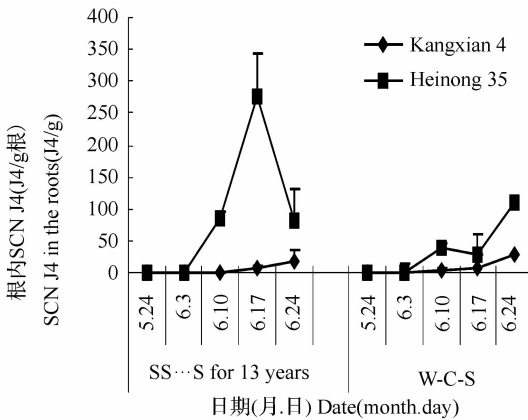


图 6 大豆连作 13 年和麦—米—豆轮作条件下大豆根内大豆胞囊线虫 J4 数量
Fig. 6 Mean SCN J4 in the different varieties roots for SS...S 13 years and rotation

2.4 不同大豆品种在不同茬口种植后根面雌虫数量变化

田间大豆根面雌虫数量调查结果显示,4 种大豆轮作体系中只有麦米豆轮作茬口上的抗线 4 号根面大豆胞囊线虫的雌虫数量与黑农 35 接近,但二者

差异不显著,其它 3 个茬口抗线 4 号根面大豆胞囊线虫的雌虫数量均明显低于黑农 35,在豆麦豆和豆米豆迎茬上 2 个品种差异达到了极显著水平(图 7)。

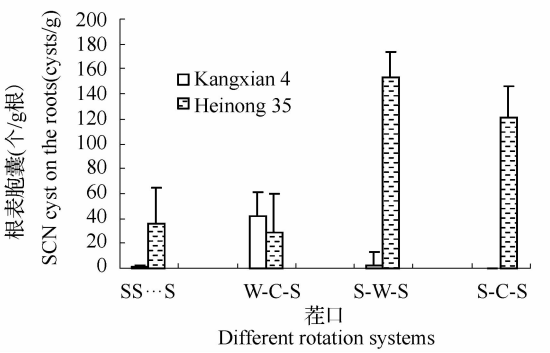


图 7 大豆不同轮作条件下大豆根面雌虫数量
Fig. 7 Mean SCN cysts on the different varieties roots for soybean different rotation systems

3 讨论

大豆出苗后由于大豆根分泌物的刺激,土壤中胞囊开始孵化,大豆根内 J2 数量调查结果显示,6 月 27 日大豆根内开始出现 J2,不同茬口大豆根内 J2 数量明显不同,连作 13 年和两个迎茬大豆根内 J2 数量均高于麦米豆轮作茬,但两个品种之间有差异,在连作和麦豆迎茬中黑农 35 根内 J2 数量高于抗线 4 号,在米豆迎茬和麦米豆轮作中两个品种 J2 数量差别不大;两个品种根内 J2 出现的高峰时间不同,抗线 4 号高峰在 6 月 3 日—6 月 10 日,而黑农 35 在 4 个茬口中有 3 个茬口高峰在 6 月 17 日,较抗线 4 号晚一周。此结果与吴海燕报道的多数抗病品种根内 J2 出现的高峰早于感病品种相似^[6]。

大豆根内 J3 和 J4 数量调查结果与 J2 不同,在 4 个茬口中大豆根内 J3 数量几乎都是黑农 35 高于抗线 4 号,尤其在连作茬口上两个品种差别更大,可见抗线 4 号根内的 J2 很少发育成 J3。在 4 个茬口的两个品种根内 J4 数量趋势与 J3 相同,由此说明,大豆胞囊线虫可以侵入抗病品种抗线 4 号,但在其根内正常发育受到限制,不能使大部分 J2 正常发育成熟;而大豆胞囊线虫可侵入黑农 35,并且能在大豆体内正常发育成熟。美国多数抗大豆胞囊线虫品种和品系及我国品系也属抗侵入型的^[1,5]。大豆根面雌虫数量显示,在试验的 4 个茬口中有 3 个茬口

上种植的抗线 4 号根面雌虫数量明显低于黑农 35,由此看出,虽然在大豆生长过程中根内的 J2 数量高于同茬口的黑农 35,但多数 J2 在抗线 4 号体内未能发育成雌虫,所以在大豆根面上胞囊数量少,这样在大豆田中种植抗线 4 号时即使有线虫侵入也不能使之正常繁殖,因而必然减少田间第 2 代线虫及翌年虫源。

4 结论

不同大豆品种根内 J2 数量存在着差异,在大豆连作 13 年、豆米豆和豆麦豆等主要大豆茬口上种植的抗线 4 号根内 J2 数量高于同茬口的黑农 35;在 4 个茬口中抗线 4 号根内 J3 和 J4 线虫数量也明显低于黑农 35。在大豆连作 13 年、豆米豆和豆麦豆茬口上种植的抗线 4 号根面雌虫数量明显低于黑农 35;由此推断,抗线 4 号的抗性机制可能不是抗大豆胞囊线虫侵入,而是抗大豆胞囊线虫发育。

参 考 文 献

[1] Ross, J P. Host—parasite relationship of the soybean cyst nematode in resistant soybean roots [J]. Phytopathology, 1958, 48: 578—579.

[2] 刘晔,刘维志,段玉玺. 大豆胞囊线虫在不同大豆品种根内的发育[J]. 辽宁农业科学, 1988, 4: 16—18.

[3] 颜清上,陈品三,王连铮. 中国小黑豆抗源对大豆胞囊线虫 4 号生理小种抗性机制的研究 I. 抗源品种对大豆胞囊线虫感染和发育的影响[J]. 植物病理学报, 1996, 26(4): 317—323.

[4] 张东升. 抗性大豆品种对大豆胞囊线虫侵入和发育的影响[J]. 植物病理学报. 1995, 25: 278.

[5] Halbrecht, J. M., S. A. Lewis, et al. A Technique for Evaluating *Heterodera Glycines* development in susceptible and resistant soybean[J]. Journal of Nematology, 1992, 24 (1): 84—91.

[6] 吴海燕,段玉玺,陈立杰. 不同抗性的大豆品种对田间大豆胞囊线虫群体动态的影响[J]. 大豆科学, 2002, 21 (2): 109—112.

[7] 远方,段玉玺. 不同抗生大豆品种与大豆胞囊线虫的田间群体动态关系研究[J]. 沈阳农业大学学报, 2001, 32 (3): 163—166.

[8] 齐军山,李长松,李林,等. 大豆胞囊线虫生理小种及其鉴定技术[J]. 中国油料作物学报, 2000, 22(4): 71—73.

[9] 刘维志. 植物病原线虫学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.