

## 利用抗感品种混种防治大豆胞囊线虫效果的研究

胡新<sup>1,2</sup>, 许艳丽<sup>1</sup>, LI Shu-xian<sup>3</sup>, 高世杰<sup>4</sup>

(1. 中国科学院 东北地理与农业生态研究所 黑土区农业生态国家重点实验室, 黑龙江 哈尔滨 150081; 2. 黑龙江农垦九三管理局 植保植检站, 黑龙江 嫩江 161441; 3. United States Department of Agriculture-Agricultural Research Service (USDA/ARS), Crop Genetics Research Unit (CGRU), Stoneville, MS 38776, USA; 4. 黑龙江省尖山农场, 黑龙江 嫩江 161441)

**摘要:**在温室条件下以抗大豆胞囊线虫品种抗线4号和非抗大豆胞囊线虫品种黑农35为试材,探讨了品种混种对感病大豆生长发育的作用和抗线4号根系浸出物对黑农35生长发育的影响。结果表明,接种SCN后,大豆植株生长受抑制,其中抗线4株高减少幅度最高达到21.4%,主根长减少最高达到24.9%,侧根数减少幅度为7.8%~55.1%;黑农35清种时受大豆胞囊线虫危害,株高减少15.5%~30.8%,主根长减少17.2%~32.3%,侧根数减少最高达到71.9%。抗线和非抗线品种混种有利于大豆抵御大豆胞囊线虫的危害,促进植株的生长发育,与黑农35清种相比,品种混种作物群体的株高、植株鲜重、根鲜重和根长增加幅度分别高达16.9%、11.4%、17.9%和22.2%,与抗线4清种相比,品种混种主根长度增加最显著,达到9.3%。抗线4根系浸出物浇灌黑农35不接种SCN处理各测定指标的增幅达0.1%~8.4%,浇灌接种SCN的黑农35,各处理测定指标的增幅达9.7%~39.4%,说明抗性与非抗性品种混种后根系间相互作用可以促进非抗性品种生长发育,抵御大豆胞囊线虫的危害。

**关键词:**大豆;混种;大豆胞囊线虫;根系

**中图分类号:**S565.1

**文献标识码:**A

**文章编号:**1000-9841(2012)03-0449-04

## Effect of Cultivar Mixture on Growth and Development of Soybean Inoculated with Soybean Cyst Nematode

HU Xin<sup>1,2</sup>, XU Yan-li<sup>1</sup>, LI Shu-xian<sup>3</sup>, GAO Shi-jie<sup>4</sup>

(1. Key Laboratory of Mollisols Agroecology, Northeast Institute of Geography and Agroecology, Chinese Academy of Sciences, Harbin 150081, Heilongjiang, China; 2. Jiusan Administration of Heilongjiang Land Reclamation Bureau Plant Protections and Quarantine Station, Nenjiang 161441, Heilongjiang, China; 3. United States Department of Agriculture-Agricultural Research Service (USDA/ARS), Crop Genetics Research Unit (CGRU), Stoneville, MS 38776, USA; 4. Jianshan Farm, Nenjiang 161441, Heilongjiang, China)

**Abstract:** Soybean varieties mixture was used in this paper to control soybean cyst nematode (SCN), the SCN resistant *cv.* Kangxian No. 4 and susceptible *cv.* Heinnong 35 were the experimental materials. The aim was to find the effect of cultivar mixture and inoculation SCN on growth of soybean and roots exudate of Kangxian-4 on growth of Heinnong 35. SCN inoculation decreased plant height, length of taproot and number of branch root for both Kangxian No. 4 and Heinnong 35, and the harm degree of Heinnong 35 was severe. Cultivar mixed planting could alleviate the harm of SCN, compared with Heinnong 35 inoculation treatment, the plant height, fresh weight and taproot length increased by 16.9%, 11.4%, 11.9% and 22.2%, respectively; while cultivar mixed planting increased main root length by 9.3% compared with Kangxian No. 4 inoculation treatment. Root exudate of Kangxian No. 4 increased the tested indexes of Heinnong 35 by 0.1%-8.4% and 9.7%-39.4% for without and with SCN inoculation treatment, suggesting the interaction of roots exudate could inhibit the harm of SCN and promote the growth of SCN susceptible soybeans.

**Key words:** Soybean; Cultivar mixture; Soybean cyst nematode (SCN); Root

大豆胞囊线虫病 (soybean cyst nematode, SCN) 又称大豆黄萎病、“火龙秧子”,是大豆生产中流行性、毁灭性病害之一。该病于1899年在我国东北首次发现,其后亚洲、美洲和欧洲各国相继报道了该线虫病害的发生和为害<sup>[1]</sup>。该病害是一种典型的土传病害,被大豆胞囊线虫侵染的大豆根系不发达,根瘤减少,并易引起其它根部病害,给大豆生产造成巨大的损失。由于胞囊在土壤中存活时间较

长,所以防治极为困难。种植抗病品种是控制该病的最经济有效的途径之一,虽然我国大豆生产中有些抗大豆胞囊线虫病品种的应用,但目前生产上可利用的丰产性抗病品种很少<sup>[2]</sup>。近年来,国内外学者提出抗感品种混种是控制病害的一种很好的方法。混种是指用2个或以上品种的种子充分混合后播种,即把生育期相近,农艺性状相似,抗性基因不同的品种或品系,按照一定比例混合播种<sup>[3]</sup>。利

收稿日期:2011-10-27

基金项目:黑龙江省科技计划项目 (GA09B103-10);黑龙江省自然科学基金项目 (C200630)。

第一作者简介:胡新(1983-),女,助理农艺师,硕士,主要从事大豆胞囊线虫研究。E-mail:ttklhuxin@163.com。

通讯作者:许艳丽(1958-),女,研究员,博士生导师,主要从事植物线虫病害、作物病虫害生物生态控制方面的研究。

E-mail:xyll@neigahrb.ac.cn。

用品种混种理论上可以延长抗病品种的使用年限,还可在一定程度上增加作物产量<sup>[4]</sup>。

利用品种混种可以防治气传病害<sup>[5-6]</sup>,而关于品种混种对于土壤传播病害防治的研究鲜有报道。胡新<sup>[7]</sup>研究发现抗大豆胞囊线虫品种与非抗线虫品种混种后可减少土壤中胞囊数量。为明确品种混种后作物群体生长发育情况,作物群体中抗性品种根系与非抗性品种根系的化感作用,进行了温室盆栽试验,旨在揭示品种混种后植株生长发育状况,为大豆胞囊线虫病的防治提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

1.1.1 供试大豆品种 抗病品种抗线4号和非抗病品种黑农35。抗线4号茎秆直立,抗倒伏,株高70 cm左右,主根粗壮,侧根发达,亚有限结荚习性,由黑龙江省农业科学院大庆分院提供;黑农35秆硬抗倒,株高80 cm左右,亚有限结荚习性,由黑龙江省农业科学院大豆研究所提供。

1.1.2 供试线虫 大豆胞囊线虫3号生理小种,采自黑龙江省农业科学院大庆分院抗线原种基地。

### 1.2 试验方法

1.2.1 品种混种接种试验 将催芽后的大豆种子播种在直径为15 cm的塑料花盆中,盆中土壤经干热灭菌,每个花盆播4穴,每穴2粒相同大豆品种的种子,品种混种时抗性品种与非抗性品种间隔种植,做好标记,出苗后每穴保苗1株。试验根据是否混种或接种SCN卵共设6个处理:抗线4号清种不接种SCN(T1);黑农35清种不接种SCN(T2);抗线4与黑农35 1:1混种不接种SCN(T3);抗线4号清种接种SCN(T4);黑农35清种接种SCN卵(T5);抗线4与黑农35 1:1混种接种SCN卵(T6)。每株接种卵量为2 000个。每处理4次重复。在出苗后5、11、18、24和30 d取样,将所有植株拔出,用清水冲洗掉植株根表的土壤,测定植株群体的株高、主根长、植株鲜重、根鲜重、侧根数及侧根鲜重占根鲜重的百分比等指标。品种混种时以2个品种的平均值作为植株群体的生理指标。

1.2.2 抗线4号根系分泌物对黑农35根系发育的影响 在蛭石中种植大豆品种抗线4号,出苗后2、4、6、8、10 d分别拔取大豆植株,用清水洗净大豆根表蛭石,将大豆根剪下,用滤纸吸干,称根系鲜重。放入清水中24 h,室温下收集根系分泌物。将根系浸出物调成同一浓度<sup>[8]</sup>作为浇灌用水备用。

将催芽后的黑农35种子播种在直径为15 cm的塑料花盆中,土壤经过干热灭菌。试验设清水浇

灌不接种SCN、根系浸出物浇灌不接种SCN、清水浇灌接种SCN和根系浸出物浇灌接种SCN共4个处理。在黑农35出苗后2、4、6、8、10 d分别浇灌提取的抗线4相同出苗天数的根系浸出物,浇灌量为每盆25 mL。出苗后11 d取样,室内测定株高、主根长、植株鲜重和根鲜重等指标。

### 1.3 数据分析

用DPS 7.05进行数据统计和方差分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 品种混种及接种SCN对大豆生长发育的影响

2.1.1 株高 由图1A可知,各调查时期接种SCN处理的株高均明显低于不接种SCN的处理,其中抗线4清种株高减少1.9%~21.4%,黑农35清种株高减少15.5%~30.8%,可见大豆胞囊线虫的感染明显抑制植株的生长。接种SCN的处理中,在出苗后30 d,与黑农35清种相比,品种混种时植株群体株高增加了16.9%,与抗线4清种相比,混种植株群体株高增加11.16%,说明品种混种可以在一定程度上增加植株的高度。

2.1.2 主根长度 对各处理大豆不同出苗天数的主根长度测量结果表明(图1B),在接种SCN的处理中,与相应的不接种SCN处理相比,植株的主根长度均有不同程度的减少,抗线4号清种主根长度减少14.5%~24.9%,黑农35清种主根长度减少17.2%~32.3%,可以看出接种SCN使大豆植株根系的生长发育受到抑制。接种SCN后,品种混种11 d后表现出促进作物群体根系生长,与黑农35清种相比,增加10.6%~22.2%,与抗线4清种相比,增加1.8%~9.3%。

2.1.3 植株鲜重和根鲜重 不同时期植株鲜重和根鲜重的调查结果显示(图1C,图1D),随着出苗天数的增加,植株鲜重和根鲜重均呈上升趋势,接种SCN的3个处理,出苗后11~30 d植株鲜重和根鲜重明显低于相应不接种SCN的处理,与黑农35清种相比,品种混种可以增加植株群体的鲜重和根鲜重,出苗后30 d的增加幅度最高,植株鲜重和根鲜重分别增加11.4%和17.5%。

2.1.4 植株侧根 由图1E和图1F可以看出,大豆胞囊线虫能减少植株侧根的数量和重量,与接种线虫处理相比,抗线4清种侧根数量减少7.8%~55.1%,黑农35清种侧根数量减少22.2%~71.9%。在接种SCN的处理中,与黑农35清种相比,品种混种增加了植株群体的一级侧根数和侧根占总根重量的百分比。在整个调查时期一级侧根数增加23.0%~101.6%;侧根占总根重量的百分数最高增加140.9%。

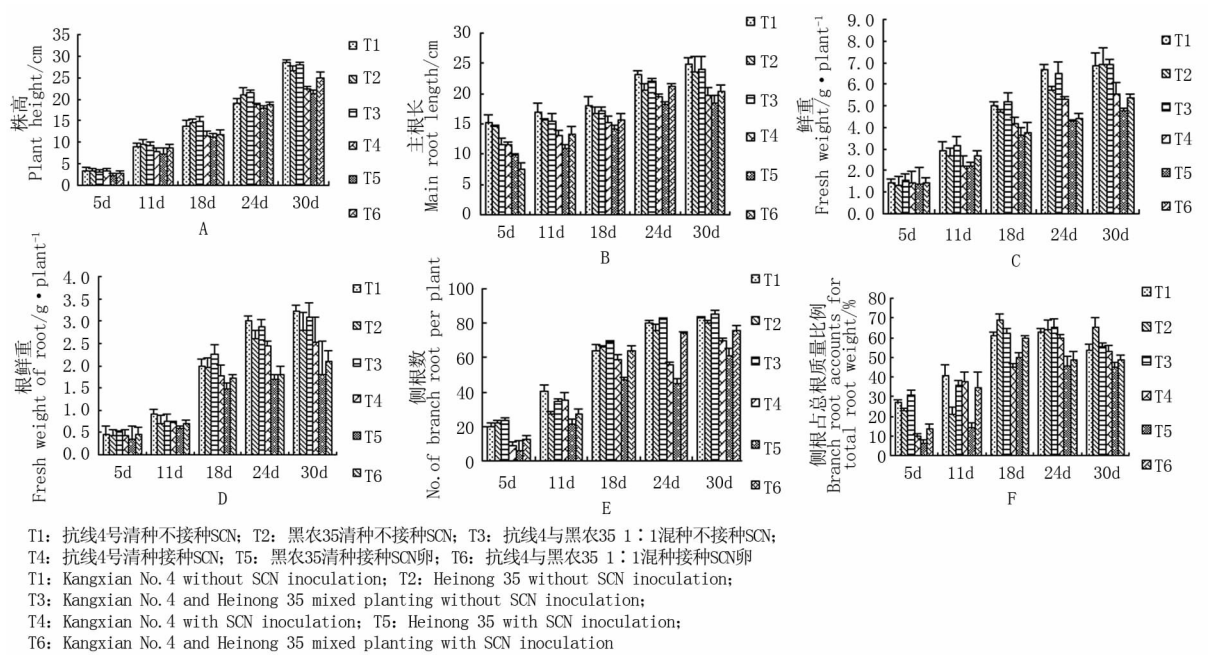


图 1 品种混种及接种 SCN 对大豆植株生长发育的影响

Fig. 1 Effect of cultivar mixture and inoculation SCN on growth of soybean

2.2 抗线 4 根系浸出物对黑农 35 根系生长发育的影响

由表 1 可知,与清水浇灌不接种 SCN 处理相比,清水浇灌接种 SCN 显著降低了大豆的株高、主根长、地上和地下鲜重,说明胞囊线虫能够显著抑制感病大豆品种的生长发育。不接种 SCN 时,与清水对照相比,根系浸出物浇灌使黑农 35 的株高、主

根长、植株鲜重和根鲜重均有不同程度的增加,各处理测定指标的增幅达 0.1% ~ 8.4%;接种 SCN 时,与清水对照相比,根系浸出物浇灌使黑农 35 各测定指标的增幅达 9.72% ~ 39.43%,说明抗线 4 号根系浸出物在一定程度上促进了黑农 35 的生长。初步分析其原因可能是抗线 4 号根系分泌物存在某些利于感病品种根系发育的物质。

表 1 抗线 4 号根系浸出物对黑农 35 生长发育的影响

Tab 1 Effect of roots lixivium of Kangxian No. 4 on growth of Heinong 35

处理 Treatments	株高 Plant height/cm	主根长 Main root length/cm	植株鲜重 Fresh weight of plant/g	根鲜重 Fresh weight of root/g
清水浇灌不接种 SCN WN	12.2 ± 3.4 ab	16.7 ± 1.8 a	1.9 ± 0.3 a	0.8 ± 0.4 a
根系浸出物浇灌不接种 SCN RLN	14.1 ± 4.01 a	16.8 ± 2.31 a	2.1 ± 0.5 a	0.9 ± 0.2 a
清水浇灌接种 SCN WY	8.8 ± 2.2 b	13.1 ± 2.4 b	1.4 ± 0.3 b	0.7 ± 0.1 ab
根系浸出物浇灌接种 SCN RLY	10.8 ± 0.8 ab	15.6 ± 3.4 ab	1.3 ± 0.3 b	0.8 ± 0.1 a

WN:Irrigate with water and without SCN inoculation;RLN:Irrigate with roots lixivium and without inoculation SCN;WY:Irrigate with water and with SCN inoculation;RLY:Irrigate with roots lixivium and with SCN inoculation

3 结论与讨论

大豆胞囊线虫侵染抗性和非抗性大豆品种都会导致大豆植株矮化,生长弱,根系不发达。品种混种能够促进抗性品种和非抗性品种大豆植株的生长发育,对大豆地上和地下均有促进作用,提高大豆植株抵御不良环境的能力。抗线 4 号根系分泌物对黑农 35 根系的生长有一定的促进作用。

近年来作物种内混种栽培引起人们的兴趣,尤其是在利用不同抗性品种混种抗病保产方面进行

的研究较多<sup>[9]</sup>。将基因型不同的抗感品种混栽,将会围绕病原物产生一个连续的微环境变化,进而影响病原物的生长发育、致病能力和繁殖能力<sup>[10-12]</sup>。目前,很多学者开展了品种混种控制病害机理方面的研究,品种混种使植株群体更好的利用地上及地下空间,与非抗性品种相比,混种群体能够更好的利用光、热、水和气等资源,生长更加茁壮,表现在植株鲜重和根鲜重有不同程度的增加。根系是植物与土壤进行物质和能量交换的纽带,根系的生长发育直接影响植株地上部分对水分、养料和光能等

资源的有效利用和作物的产量。根系之间的相互作用是一个复杂的生理生态学过程,在这种过程中,为了适应竞争环境,提高竞争效率,吸收较多的养分和水分,根系表现出明显的可塑性,导致根系生长、根系密度和根系分布产生较大变化<sup>[13]</sup>。理想的根系形态和合理的根系分布对植株的生长有决定性作用<sup>[14]</sup>。

大豆胞囊线虫危害大豆的根系,出苗 5 和 11 d 是决定大豆胞囊线虫被根系吸引或排斥的关键时期;大豆胞囊线虫侵染可以增强根系的分泌活动并影响线虫的侵入<sup>[13]</sup>。大豆的根系形态特征与大豆的生长发育、产量、品质等密切相关。品种混种把在农艺性状上存在差异,对光照、水分、肥力和温度要求不同的 2 个品种充分协调起来,改善了作物群体结构和作物生长的微环境,使环境因素更加有利于作物的生长,使大豆植株群体根系更加发达,提高了大豆植株根系抵抗不良环境的能力。从根系这个角度研究品种混种与抗感品种清种、大豆与大豆胞囊线虫之间的关系,有利于揭示品种混种对大豆胞囊线虫的抗病机制。植物根系越发达,伸展越充分,与土壤接触范围就越大。大豆品种混种后,根长度和侧根数量均有增加,扩大了根表面积,有利于养分和水分的吸收和运输,根系获取和利用深层土壤资源的能力增加。品种混种发挥了种植品种各自的生长优势,在充分利用光、热、水和气等资源和土壤环境的条件下,各品种之间形成了一个优势互补的群体,有利于提高土地利用率<sup>[15]</sup>。

由于在自然环境中不易找到同一块试验地一部分含有大豆胞囊线虫,另一部分不含大豆胞囊线虫,因此,该研究在温室利用盆栽试验初步研究大豆品种混种对接种和未接种 SCN 的大豆生长发育的影响,从宏观上明确了混种后植株群体的抗性增加,未来应进一步开展混合品种根系对 N、P、K 等养分的吸收利用,品种混种根系分泌物的组成变化及品种之间的化感作用等方面的研究,进一步解析品种混种抗病效应。

## 参考文献

- [1] Chen F J, Chen S Y. Mycofloras in cysts, females and eggs of the soybean cyst nematode in Minnesota[J]. Applied Soil Ecology, 2002, 19: 35-50.
- [2] 王雪,段玉玺,陈立杰,等. 不同大豆品种根系对大豆胞囊线虫趋化性的影响[J]. 大豆科学, 2008, 27(6): 1015-1018. (Wang X, Duan Y X, Chen L J, et al. Root from different soybean cultivars on the affinity between soybean cyst nematode and soybean root[J]. Soybean Science, 2008, 27(6): 1015-1018.)
- [3] Wolfe M S. Crop strength through disease resistance[J]. Nature, 2000, 406: 681-682.
- [4] Ngugi H K, King S B, Holt J. Simultaneous temporal progress of sorghum anthracnose and leaf blight in crop mixtures with disparate patterns[J]. Phytopathology, 2001, 91: 720-729.
- [5] 叶方,黄国勤. 红壤旱地不同农田生态系统结构对玉米病虫害的[J]. 中国生态农业学报, 2002, 10(1): 50-51. (Ye F, Huang G Q. Maize diseases and pests of field ecosystems under different structures on dry land red soil[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2002, 10(1): 50-51.)
- [6] 朱有勇,陈海如,范静华. 利用水稻品种多样性控制稻瘟病研究[J]. 中国农业科学, 2003, 36(5): 521-527. (Zhu Y Y, Chen H R, Fan J H. The use of rice variety diversity for rice blast control[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2003, 36(5): 521-527.)
- [7] 胡新. 品种混种对大豆胞囊线虫的控制作用及机理研究[D]. 哈尔滨:东北农业大学, 2010: 46-47. (Hu X. Effect of soybean mixture on soybean cyst nematode and the mechanism research[D]. Harbin: Northeast Agriculture University, 2010: 46-47.)
- [8] 韩丽梅,王树起,鞠会艳. 大豆根分泌物的鉴定及其化感作用的初步研究[J]. 大豆科学, 2000, 19(2): 119-125. (Han L M, Wang S Q, Ju H Y. Identification and study on allelopathy of soybean root exudates[J]. Soybean Science, 2000, 19(2): 119-125.)
- [9] Finckh M R, Gacek E S, Mundt C C, et al. Cereal variety and species mixtures in practice[J]. Agronomy, 2000, 20: 813-837.
- [10] Zhu Y Y, Chen H R, Fan J H, et al. Genetic diversity and disease control in rice[J]. Nature, 2000, 406: 718-722.
- [11] Mundt C C. Use of multiline cultivars and cultivars mixtures for disease management[J]. Annual Review of Phytopathology, 2002, 40: 381-410.
- [12] Finckh M R, Mundt C C. Stripe rusts yield and plant competition in wheat cultivar mixtures[J]. Phytopathology, 1992, 82: 905-913.
- [13] 吴海燕,段玉玺,陈立杰,等. SCN 侵染对不同大豆品种根系氨基酸/低分子肽类分泌物的影响[J]. 植物病理学报, 2007, 37(6): 616-622. (Wu H Y, Duan Y X, Chen L J, et al. Amino acids/low molecular weight peptides in root exudation of different soybean cultivars resistance to *Heterodera glycines*[J]. Acta Phytopathologica Sinica, 2007, 37(6): 616-622.)
- [14] 房增国,左元梅,张福锁,等. 玉米-花生混作对系统内氮营养的影响研究[J]. 中国生态农业学报, 2005, 13(3): 63-64. (Fang Z G, Zuo Y M, Zhang F S, et al. Effects of mixed cropping of maize and peanut on the N nutrition in cropping system[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2005, 13(3): 63-64.)
- [15] 楚铁欧,朱有勇,张福锁,等. 间作对水稻根系分布特征的影响[J]. 云南农业大学学报, 2007, 22(6): 887-892. (Chu Y O, Zhu Y Y, Zhang F S, et al. Effects of rice cultivars intercropping on root distribution characters[J]. Journal of Yunnan Agricultural University, 2007, 22(6): 887-892.)