

# 玉米连作障碍主要因子对苗期玉米生长影响的初步分析

李永刚<sup>1</sup>, 王丽艳<sup>2</sup>, 张思奇<sup>1</sup>, 孙丽萍<sup>1</sup>, 赵同雪<sup>1</sup>, 徐澜坤<sup>1</sup>

(1. 东北农业大学农学院, 哈尔滨 150030; 2. 依安县农业技术推广中心, 黑龙江 依安 161500)

**摘要:** 为了明确玉米连作障碍的主要影响因子对苗期玉米生长的影响, 模拟玉米连作过程可能的影响因子展开研究, 结果表明低浓度的根系分泌物、腐解物、风干物、浸提液和苯甲酸对苗期玉米生长性状的影响不明显, 但高浓度的根系分泌物、腐解物、风干物、浸提液和苯甲酸对苗期玉米生长性状的抑制作用较大。也就是说, 随着玉米连作年限的增加, 对苗期玉米生长的抑制作用越加明显。

**关键词:** 玉米; 连作障碍; 化感作用; 分泌物; 腐解物

中图分类号: S513.047

文献标识码: A

文章编号: 1003-8701(2017)02-0027-05

## A Preliminary Analysis of Main Influencing Factors on Maize Seedling Growth Under Long Term Continuous Maize Cropping Obstacle

LI Yonggang<sup>1</sup>, WANG Liyan<sup>2</sup>, ZHANG Siqi<sup>1</sup>, SUN Liping<sup>1</sup>, ZHAO Tongxue<sup>1</sup>, XU Lankun<sup>1</sup>

(1. College of Agronomy, Northeast Agricultural University, Harbin 150030; 2. Yian County Agricultural Technology Promotion Center, Yian County 161500, China)

**Abstract:** To clarify main influencing factors under long-term continuous maize cropping obstacle, research has been carried out according simulation for field continuous cropping. The result showed that root exudates, decomposed substance, air dry matter, root extract and benzoic acid of low concentration had no more distinct effect on physiological and growth traits of maize seedling. But, these substances of high concentration had strong development inhibition to physiological and growth traits in maize seedling. In a word, maize seedling growing was markedly inhibited with the number of continuous maize cropping years increased.

**Key words:** Maize; Long term continuous maize cropping obstacle; Allelopathy; Root exudates; Decomposed substance

玉米是重要的粮食作物、优质饲料和工业原料, 适应性强, 分布广, 用途多, 增产潜力大, 已成为中国第一大粮食作物, 发展速度快<sup>[1-2]</sup>。黑龙江省处于我国玉米生产的黄金地带, 是黑龙江省农业生产中的主导产业, 是我国重要的玉米生产基地, 左右着黑龙江省经济的大局, 同时也影响着我国粮食的供需安全。近年来, 随着玉米种植面积的不不断提高, 玉米连作面积越来越大。尽管玉米是耐连作的作物, 但是长期连作对于粮食产量的高产稳产还是存在着一些潜在的风险<sup>[3]</sup>。目前, 秸秆还田已成为农业发展的一个趋势, 是能

够增加土壤有机质、提高土壤肥力的重要措施之一<sup>[4-5]</sup>。随着玉米连作所产生的分泌物及秸秆腐解后的产物对玉米生长及根系微生态环境的影响至关重要<sup>[6]</sup>。因此, 本研究模拟田间生长实际, 针对玉米连作过程中, 可能影响苗期玉米生长的主要障碍因子进行系统分析, 明确玉米连作障碍中的主要因子对苗期玉米生长的影响。

## 1 材料与方 法

### 1.1 供试材料

供试玉米品种: 九单57。

试验地点: 黑龙江省哈尔滨市东北农业大学校内实验站, 土壤为黑壤土。

### 1.2 玉米连作过程中的主要障碍影响因子对苗期玉米生长的影响

#### 1.2.1 玉米根系分泌物对苗期玉米生长的影响

收稿日期: 2016-12-27

基金项目: 黑龙江省教育厅科学技术研究项目(12541013)

作者简介: 李永刚(1975-), 男, 副教授, 博士, 主要从事植物真菌病害研究。

### 1.2.1.1 玉米根系分泌物的收集

在培养钵中填加无菌土(蛭石:草炭土=1:1)种植玉米品种九单57,在温室内正常培养至玉米5叶期,将其小心从培养钵中挖出,洗净根系,分别放入装有200 mL蒸馏水的三角瓶中,每瓶5株,每次5瓶,三角瓶用锡纸包裹避光放在光照培养箱内25℃培养,每6 h晃动1次,48 h后将含有根系分泌物的蒸馏水倒入收集瓶中,将5瓶收集的根系分泌物利用旋转蒸发器蒸发至200 mL,细菌过滤器过滤后,备用。

### 1.2.1.2 玉米根系分泌物对苗期玉米生长的影响

根系分泌物对玉米苗期影响共设4个处理:①10 mL根系分泌物+20 mL无菌水;②20 mL根系分泌物+10 mL无菌水;③30 mL根系分泌物30 mL;④无菌水。

在培养钵内种植玉米品种九单57,每处理5钵,每钵3株,浇透而不渗出,待种子出土后,根系分泌物进行处理,每处理灌根30 mL,对照加入30 mL自来水,每隔48 h灌根1次,连续灌3次,第3次处理15 d后调查地上鲜重、地下鲜重、叶片数、植株高度、茎粗、叶绿素吸光值、脲酶和根活力<sup>[4]</sup>。

### 1.2.2 玉米根系腐解物对苗期玉米生长的影响

取1 kg风干的玉米根系,按根:土(未种过玉米的土壤):蒸馏水=1:1:5的质量比例加入到塑料桶中,桶盖用塑料布盖严,盖上扎孔利于通气,放入37℃恒温培养箱中腐解15 d,每隔5 d搅拌1次。腐解物过滤后,滤液在40℃减压浓缩至10 mL,最后将根系腐解物配制成不同浓度4个处理:①0.4 g·mL<sup>-1</sup>(根系干重/腐解液体积,下同);②2 g·mL<sup>-1</sup>;③4 g·mL<sup>-1</sup>;④无菌水为对照。灌根量、次数和调查方法同上。

### 1.2.3 根系的风干物对苗期玉米生长的影响

将风干的玉米根系粉碎后,按不同的比例混入灭菌土中。共设4个处理:①每100 g干土含有1 g风干根系;②每100 g干土含有2 g风干根系;③每100 g干土含有3 g风干根系;④空白对照不加风干玉米根。出苗后15 d调查,田间正常管理,盆栽处理和调查方法同上。

### 1.2.4 玉米根际土浸提液对苗期玉米生长的影响

连作3年的玉米根际土过60目筛,取20 g放入500 mL三角瓶中,加入200 mL蒸馏水,每次5瓶,120 r/min震荡24 h,用4层纱布过滤后旋转蒸发器浓缩至200 mL。在培养钵内种植玉米,出苗后灌根处理。共设4个处理:①10 mL根际土浸提

液+40 mL蒸馏水;②30 mL根际土浸提液+20 mL蒸馏水;③50 mL根际土浸提液;④对照加入50 mL的蒸馏水。每处理5钵,每钵3株,出苗后15 d测定植株各项生长及生理指标。田间正常管理,调查方法同上。

### 1.2.5 苯甲酸对苗期玉米生长的影响

苯甲酸先用少量甲醇溶解,然后将其各配制成不同浓度梯度,4个处理分别为:①0.1 mmol·L<sup>-1</sup>;②1 mmol·L<sup>-1</sup>;③10 mmol·L<sup>-1</sup>;④对照0 mmol·L<sup>-1</sup>(CK)。盆栽方法同上,玉米出苗后,每隔48 h灌1次,每次各处理浇灌30 mL,15 d后进行植株各项生长及生理指标测定。

### 1.2.6 数据处理

化感作用效应敏感指数(RI)采用Williamson<sup>[7]</sup>的方法, $RI=T/C-1$ ,C为对照值,T为处理值。当RI>0时,表示促进作用;当RI<0时,表示抑制作用。RI绝对值的大小代表化感作用强度。所有数据用SPSS 19.00处理,差异显著性采用Duncan's新复极差法测验分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 玉米根系分泌物对苗期玉米生长的影响

从表1可以看出,对于玉米根系分泌物来说,加入10 mL与20 mL根系分泌物的处理与空白对照相比仅对植株株高、脲酶和叶绿素含量有明显的促进作用,而对地上鲜重、地下鲜重、叶片数、茎粗等影响不显著,而加入30 mL根系分泌物的处理对地上鲜重、地下鲜重、叶片数、株高、茎粗和叶绿素值有明显的抑制作用。无论高浓度还是低浓度根系分泌物对根活力都没有显著的影响。

### 2.2 玉米根系腐解物对苗期玉米生长的影响

从表2可以看出,对于玉米根系腐解物来说,0.4 g·mL<sup>-1</sup>和4 g·mL<sup>-1</sup>(根系干重/腐解液体积)根系腐解物对玉米苗期各方面生长除脲酶外,其他影响均不显著。而中间浓度2 g·mL<sup>-1</sup>(根系干重/腐解液体积)根系腐解物对地上鲜重有促进作用,3个浓度处理对植株的茎粗均有抑制作用。

### 2.3 根系的风干物对苗期玉米生长的影响

从表3可以看出,对于根系的风干物来说,1%、2%和3%含量的根系风干物对玉米地上鲜重、地下鲜重、叶片数、株高、茎粗、叶绿素和根活力均有抑制作用,而对土壤中的脲酶却有促进作用。

### 2.4 玉米根际土浸提液对苗期玉米生长的影响

表1 玉米连作条件下根分泌物对苗期玉米生长的影响

	处理1	处理2	处理3	处理4
地上鲜重(g)	14.03b	13.49b	9.15a	12.29b
化感效应指数 RI	0.12	0.09	-0.26	—
地下鲜重(g)	3.84a	3.82a	2.99a	3.62a
化感效应指数 RI	0.06	0.05	-0.17	—
叶片数	6.33ab	6.56b	5.7a	6.22ab
化感效应指数 RI	0.02	0.05	-0.07	—
株高(cm)	8.07c	8.23c	6.67a	7.59b
化感效应指数 RI	0.06	0.08	-0.12	—
茎粗(cm)	7.20b	6.79b	5.63a	6.64b
化感效应指数 RI	0.08	0.02	-0.15	—
叶绿素值(spap)	13.29b	12.02ab	10.92a	10.83a
化感效应指数 RI	0.23	0.11	0.01	—
脲酶( $\mu\text{g/g}$ )	1.80d	1.77c	1.52b	1.24a
化感效应指数 RI	0.45	0.43	0.23	—
根活力( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ )	69.11a	69.43a	71.26a	70.51a
化感效应指数 RI	-0.02	-0.02	0.01	—

注:表中数据为3次重复的平均数,同行后标有不同字母表示在5%水平上差异显著,下同

表2 玉米连作条件下根腐解物对苗期玉米生长的影响

	处理1	处理2	处理3	处理4
地上鲜重(g)	11.70ab	13.96b	8.48a	11.66ab
化感效应指数 RI	0.00	0.16	-0.27	—
地下鲜重(g)	3.33a	3.90a	3.26a	3.63a
化感效应指数 RI	-0.08	0.07	-0.10	—
叶片数	6.22a	6.11a	6.11a	6.00a
化感效应指数 RI	0.04	0.02	0.02	—
株高(cm)	7.57b	7.62b	6.82a	7.63b
化感效应指数 RI	-0.01	0.00	-0.11	—
茎粗(cm)	3.78c	3.16b	2.41a	6.84d
化感效应指数 RI	-0.45	-0.54	-0.65	—
叶绿素值(spap)	10.83a	12.82b	10.73a	11.59ab
化感效应指数 RI	-0.07	0.11	-0.08	—
脲酶( $\mu\text{g/g}$ )	1.80a	1.81a	1.93b	1.80a
化感效应指数 RI	0.00	0.01	0.07	—
根活力( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ )	76.42a	75.77a	76.31a	75.77a
化感效应指数 RI	0.01	-0.01	0.01	—

表3 玉米连作条件下根风干物对苗期玉米生长的影响

	处理1	处理2	处理3	处理4
地上鲜重(g)	2.91b	2.17a	1.59a	11.96c
化感效应指数 RI	-0.76	-0.82	-0.87	—
地下鲜重(g)	2.13b	1.82b	2.03b	4.84a
化感效应指数 RI	-0.56	-0.62	-0.58	—
叶片数	4.89b	4.44ab	4.33a	6.67c
化感效应指数 RI	-0.27	-0.33	-0.35	—
株高(cm)	3.93b	3.15a	2.70a	7.19c
化感效应指数 RI	-0.45	-0.56	-0.62	—

续表 3

	处理 1	处理 2	处理 3	处理 4
茎粗 (cm)	3.78c	3.16b	2.41a	6.54d
化感效应指数 RI	-0.42	-0.52	-0.63	—
叶绿素值 (spad)	5.81b	4.23a	4.17a	14.48c
化感效应指数 RI	-0.60	-0.27	-0.01	—
脲酶 ( $\mu\text{g/g}$ )	1.91d	1.81c	1.73b	1.63a
化感效应指数 RI	0.17	0.11	0.06	—
根活力 ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ )	58.89a	57.82a	56.42b	67.71a
化感效应指数 RI	-0.13	-0.15	-0.17	—

从表 4 可以看出,对于玉米根际土浸提液来说,10 mL、30 mL 和 50 mL 根际土浸提液处理对玉米生长总体上影响不大,仅对叶片数有促进作

用。高浓度 50 mL 根际土浸提液处理对玉米脲酶有抑制作用。

## 2.5 苯甲酸对苗期玉米生长的影响

表 4 玉米连作条件下根浸提液对苗期玉米生长的影响

	处理 1	处理 2	处理 3	处理 4
地上鲜重 (g)	12.72a	12.88a	12.44a	12.41a
化感效应指数 RI	0.02	0.03	0.00	—
地下鲜重 (g)	4.11a	3.45a	4.09a	4.01a
化感效应指数 RI	0.02	-0.16	0.19	—
叶片数 (band)	6.33ab	6.78b	6.67b	6.007a
化感效应指数 RI	0.05	0.13	0.11	—
株高 (cm)	7.71ab	7.87b	7.38a	7.58ab
化感效应指数 RI	0.02	0.04	-0.03	—
茎粗 (cm)	7.36a	7.14a	6.86a	6.74a
化感效应指数 RI	0.08	0.06	0.02	—
叶绿素值 (spad)	11.61a	12.21a	12.56a	13.91a
化感效应指数 RI	-0.17	-0.12	-0.10	—
脲酶 ( $\mu\text{g/g}$ )	1.90b	1.90b	1.79a	1.90b
化感效应指数 RI	0.00	0.00	-0.06	—
根活力 ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ )	75.67a	75.77a	75.56a	75.13a
化感效应指数 RI	0.01	0.01	0.01	—

从表 5 可以看出,对于苯甲酸处理来说,0.1 mmol·L<sup>-1</sup> 和 1 mmol·L<sup>-1</sup> 浓度苯甲酸与对照相比对玉米苗期地上鲜重、地下鲜重、叶片数、株高、茎粗、叶绿素和根活力的影响不显著,但 10 mmol·L<sup>-1</sup>

浓度苯甲酸除叶片数和根活力外对玉米生长的各项指标的抑制作用显著。

表 5 玉米连作条件下苯甲酸对苗期玉米生长的影响

	处理 1	处理 2	处理 3	处理 4
地上鲜重 (g)	10.18b	10.80b	7.05a	10.57b
化感效应指数 RI	-0.04	0.02	-0.33	—
地下鲜重 (g)	2.82ab	3.62b	2.20a	3.21ab
化感效应指数 RI	-0.12	0.13	-0.31	—
叶片数	6.11a	6.22a	6.22a	5.78a
化感效应指数 RI	0.06	0.08	0.08	—
株高 (cm)	7.10b	6.98b	6.35a	7.74c
化感效应指数 RI	-0.08	-0.10	-0.18	—

续表 5

	处理 1	处理 2	处理 3	处理 4
茎粗 (cm)	6.30ab	6.88b	5.68a	6.06a
化感效应指数 RI	0.04	0.12	-0.06	—
叶绿素值 (spad)	10.58b	9.96b	6.32a	12.90c
化感效应指数 RI	-0.18	-0.23	-0.51	—
脲酶 ( $\mu\text{g/g}$ )	1.79a	1.74b	1.84d	1.56a
化感效应指数 RI	0.15	0.12	0.18	—
根活力 ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ )	66.31a	67.60a	67.82a	67.17a
化感效应指数 RI	-0.01	0.01	0.01	—

### 3 讨 论

Hedley 和 Bending 研究认为土壤非生物因素也是导致玉米苗期连作障碍发生的重要因素<sup>[8-9]</sup>。容易引起作物连作障碍的非生物因素主要包括土壤理化性质不良和自毒作用。通过本试验对玉米连作过程中可能出现的一些影响因素进行了细致的分析,研究发现低浓度的根系分泌物、腐解物、风干物、浸提液和苯甲酸对苗期玉米生长影响不明显,但高浓度的根系分泌物、腐解物、风干物、浸提液和苯甲酸对苗期玉米生长影响较大。李晶等研究认为秸秆还田后腐解液中酚酸类化感成分为苯甲酸和对羟基苯甲酸等,这些腐解物质对幼苗造成一定逆境胁迫,造成幼苗内源激素代谢紊乱,影响正常激素平衡,抑制植株生长,生成大量 ABA,加速植株衰老<sup>[10]</sup>。这与本研究中高浓度下影响玉米苗期正常生长基本是一致的。在这些影响因子中,根系风干物对玉米苗期生长影响最大,分析其主要原因可能是风干物造成土壤空间过大,水分散发较多。

另外,随着玉米种植面积增大,连作面积越来越大,玉米根系周围的分泌物、根系腐解物、风干物、浸提液和苯甲酸等含量不断增加,这对玉米苗期的生长产生的影响较大。本研究观点与王磊等研究基本是一致的,其研究认为玉米连作对苗高、单株叶面积、主根长、地上部鲜重和地下部鲜重均有严重抑制,随连作年限的增加其抑制作用增大<sup>[11]</sup>。

本研究仅对连作过程中的部分影响因子及玉米苗期作用作了初步分析,试验表明影响因子复杂,同时也会受到气候和环境因素等影响。今后,应该针对这些影响因素,进一步深入分析其

机制,并从多角度如农业措施、物理、化学和生物的角度去克服玉米连作的障碍,实现玉米产业的可持续化发展。

#### 参考文献:

- [1] 赵先龙,李晶,顾万荣,等.连作下玉米秸秆腐解液对种子萌发的影响[J].作物杂志,2013(5):137-146.
- [2] 方向前,闫伟平,付稀厚.不同施肥量下玉米去留分蘖对产量及构成因素的影响[J].东北农业科学,2016,41(2):9-12.
- [3] 赵英男,黄珊珊,郑宝香.黑龙江省玉米连作潜在危害及应对措施[J].现代化农业,2016(5):25-26.
- [4] 于寒,谷岩,梁烜赫,等.玉米秸秆腐解规律及土壤微生物功能多样性研究[J].水土保持学报,2015,29(2):305-309.
- [5] 梁卫,袁静超,张洪喜,等.东北地区玉米秸秆还田培肥机理及相关技术研究进展[J].东北农业科学,2016,41(2):44-49.
- [6] 王慧,孙泰森.不同水分条件下先锋植物博落回对氮磷胁迫的生物学响应[J].植物营养与肥料学报,2015,21(5):1320-1327.
- [7] 郭修武,李娜,李坤,等.葡萄根系分泌物与腐解物不同萃取组分的化感效应[J].吉林农业大学学报,2012,34(6):634-638.
- [8] Hedley M J, Stewart J W B, Chauhan B S. Changes in inorganic and organic soil phosphorus fractions induced by cultivation practices and by laboratory incubations [J]. Soil Sci Soc Am J, 1982, 46: 970-976.
- [9] Bending G D, Putland C, Rayns F. Changes in microbial community metabolism and labile organic matter fractions as early indicators of the impact of management on soil biological quality [J]. Biology Fertility Soils, 2000, 31(1): 78-84.
- [10] 李晶,赵先龙,乔天长,等.秸秆腐解液对玉米幼苗的生理效应及酚酸类化感成分的检测[J].核农学报,2015,29(9):1799-1805.
- [11] 王磊,王兰英,朱朝华,等.玉米连作对其发芽率和苗期生长的影响[J].东北林业大学学报,2009,37(2):53-55.

(责任编辑:范杰英)