

大豆连作下土壤环境条件变化的概述*

王金龙 徐 冉 陈存来 王彩洁

(山东省农业科学院作物所 济南 250100)

摘要 近年来,科技工作者对大豆连作障碍机理进行了广泛研究,得出的结论不尽一致,尚有争论。本文就大豆连作障碍机理研究作简要概述,目的是为解决大豆连作障碍提供参考。

关键词 大豆;连作;障碍机理

作物连作导致生长势弱、产量降低^[4]早已被人们所认识,先后有人提出“毒素学说”、“相克学说”等多种理论来解释连作障碍机理^[1]。不同作物对连作的敏感程度不同,大豆是对连作比较敏感的作物之一。连作导致大豆病虫害加重^[2,3]、产量降低^[1,5,6]。近年来对大豆连作障碍机制的研究报道较多,但仍有不少争论。本文就大豆连作障碍机制作简要概述。

1 土壤养分偏耗

作物正常生长有16种元素是必不可缺少的,称之为必需元素。不同作物对16种必需元素的需求量不同。在同一块地上连续种植某种作物,就可能导致土壤中某些元素过度消耗,结果这些元素对作物供应量越来越不足。大豆是对钾素需求量比较多的作物^[10],大豆连作首先引起土壤中钾素亏缺。王震宇等(1991)、王金陵等(1982)、王风书(1994)、计钟程等(1995)均指出,大豆连作导致土壤缺钾^[6,7,8,9]。主要是速效钾的亏缺,大豆连作田与轮作田相比,连作田速效钾大为降低。于广武等(1993)报道,大豆连作对土壤中全钾含量的影响不大,速效钾随连作年限增加而减少;相关分析表明,土壤中速效钾含量与大豆产量呈显著正相关^[1]。钾素对大豆的重要性早有报道,钾素亏缺对光合作用的抑制作用比氮素亏缺更为严重;钾元素不足影响到植株对磷元素的吸收^[1]。Bastow, J. (1988)指出, N、P、K亏缺时,作物冠部受到的影响大于根部,导致根冠比增大^[12]。王晶英等(1997)研究认为,大豆根冠比增大,缺钾是主要原因之一^[12]。

磷是大豆生长所必需的三大要素之一,缺磷将导致大豆生长不良,抗病能力降低。连作大豆田土壤磷元素的变化,研究报道不尽一致。计钟程等(1995)、王震宇等(1991)、王晶英等(1997)分别报道,大豆连作导致土壤缺磷,尤其速效磷亏缺严重^[6,9,12]。郑桂萍等(1995)研究发现,大豆连作土壤中磷素在大豆不同生育期有变化,全磷含量鼓粒以前连作区低于轮作区,盛花期差异达显著水平,鼓粒后基本无差异^[13]。于广武等(1993)报道,大

* 收稿日期 1999-05-31
Received on May 31, 1999

豆连作年限增加,土壤中全氮、全磷和全钾含量变化不大,速效磷变幅大,但无规律^[1]。

大豆根瘤具有固氮作用,能为后茬作物留下较多的氮。然而,近年来对大豆连作土壤氮素变化的报道不一致。于广武等(1993)报道,随连作年限增加,土壤中全氮变化不大,速效氮含量降低^[1]。郑桂萍等(1995)、王晶英等(1997)研究,得出大豆连作区土壤中速效氮、全氮含量高于轮作区的结论^[12,13]。杨庆凯等(1994)也认为大豆连作年限增加,土壤中水解氮含量降低,每年降低 20ppm^[5]。

大豆连作不仅引起土壤中大量营养元素含量及有效性的变化,也引起多种微量元素的变化。计钟程等(1995)报道,大豆连作引起土壤 pH 的变化会干扰大豆对微量元素的吸收根系趋碱干扰对 Fe、Zn 的吸收;而土壤变酸降低了 Mo 素的有效性;Cu、Zn、Fe、Mn、B、Mo 元素在大豆田土壤中的含量低于小麦、玉米田的含量,玉米田土壤中 Mo 的含量比大豆田高 3 倍^[9]。于广武等(1993)测定了不同连作年限土壤中 Zn、B 的含量,结果随大豆连作年限增加,Zn、B 含量降低^[1]。黑龙江省土肥站调查表明,随大豆重茬年限增加,土壤中微量元素 Mo、B、Zn 含量及有效性明显降低^[5]。

2 土壤水分亏缺

大豆需水量较多、是对水分比较敏感的作物。大豆连作导致土壤水分亏缺已有许多报道。计钟程等(1995)报道,与小麦、玉米相比,重茬大豆田土壤水分减少相当降水量 20—40mm,水分不足是导致大豆连作减产的主要原因之一^[9]。王晶英等(1977)报道,大豆不同生育期土壤水分含量连作区均低于轮作区,分枝期、盛花期、鼓粒期分别降低 5.07%、8.00%、36.78%;进一步测定叶片水分胁迫指标,大豆叶片的水分自然饱和亏及脯氨酸含量均高于轮作,说明连作大豆体内水分胁迫程度较重^[12]。汪锡德(1994)、计钟程等(1993)也分别报道大豆连作导致土壤含水量降低^[14,15]。邹永久等(1997)试验指出,水分胁迫对大豆植株生育影响超过了连作本身的障碍因素的影响;水分胁迫加剧了连作大豆苗期病害;当土壤耕层含水量低于土壤相对含水量 60%时,连作区平均鲜重、有效根瘤数及根瘤鲜重明显低于正茬;当土壤含水量高于 70%时,植株生长明显见好,连作区植株生长势接近于水分不足的正茬^[16]。

大豆连作土壤水分降低对大豆造成危害的原因有下列几种解释:水分胁迫影响到营养物质的吸收、运输及代谢^[16];土壤水分胁迫,植株体内硝酸还原酶活性受抑制,体内酶保护系统遭到破坏,不仅扰乱了体内代谢,而且破坏了细胞结构^[17];水分胁迫降低了固氮酶的活性^[17,18,19],使大豆固氮能力降低;土壤水分不足,透气性增强,导致孢囊线虫病加重^[20],因为孢囊线虫是严格好气性的^[21];水分胁迫对冠部影响大于根部,使大豆根冠比增大^[12]。

3 土壤 pH 降低

土壤 pH 值的大小不仅直接影响到作物的生长发育,也影响到土壤有效养分的释放、土壤酶活性、土壤微生物种群的变化等,这些因素又直接或间接影响到植物生长。众多研究者报道了大豆连作导致土壤 pH 降低。对于 pH 降低的原因有多种解释。傅慧兰等(1997)^[22]认为大豆连作土壤 pH 降低有 3 个方面的原因:一是豆科作物固氮作用使连作根区酸化。Deenart 和 Vandist(1987)指出,当豆科作物从空气中固 N 时,减少了无机氮的吸收,在此情况下,吸收阳离子总量超过阴离子总量,导致 H⁺分泌,引起根际酸化^[23]。豆

科作物中固氮的比非固氮的更易受到酸度的影响,这主要是 H^+ 、 Al^{3+} 和 Mn^{3+} 浓度过大,以及钙、磷、钼的缺乏使结瘤作用受抑制^[24]。所以固氮作用导致根区 pH 下降。二是大豆连作胁迫造成营养元素缺乏是不可避免的,缺磷、缺铁、缺锌等能导致双子叶植物根区 pH 下降^[23,25]。三是大豆连作根系分泌有机酸以及土壤微生物种群变化导致土壤 pH 下降。Barber 和 Martin(1976)认为,根系分泌物约占植物同化物的 20%,这些分泌物中除有机酸外,根际微生物将一些物质分解释放出 H^+ 和酸必物质^[23]。于广武等(1993)、杨庆凯等(1994)也分别指出,连作由于根系或微生物向土壤中分泌酸性物质,导致土壤 pH 下降^[1,5]。计钟程等(1995)在研究小麦、玉米、大豆及重茬大豆根系和根区土 pH 后,认为大豆根组织含钙量较高,由于大豆需钙、钾较多,连作导致土壤中钙和钾加倍消耗,导致土壤 pH 不断降低^[9]。

4 土壤生物区系的变化

土壤是一个十分丰富的生物资源库,土壤中有有机质及理化性质的变化都会引起土壤中生物种群的变化,大豆连作导致土壤中水分、pH 等变化,引起土壤中优势种群发生变化。生物种群的变化反过来又影响到大豆的生长发育。于广武等(1993)、王震宇等(1991)、于贵瑞等(1988)研究证明,大豆连作使根际微生物区系由高肥的“细菌型”土壤向低肥的“真菌型”土壤转化^[1,6,26]。刘增柱等(1990)报道,大豆连作区细菌总数明显低于轮作区;连作区孢囊线虫量增加与非豆科作物轮作,土壤中孢囊线虫量降低很多;连作还导致根表微生物增多,连作区根表微生物总数比土壤微生物总量多 10—100 倍,根表微生物增多是由于根系分泌物刺激一定距离内的微生物向根表面移动,当微生物与根系接触后,相应种群开始大量繁殖^[27,28]。计钟程等(1995)对草甸黑土相邻的小麦、玉米和大豆茬土壤微生物组成和数量测定结果为:总的趋势是大豆茬细菌总数和固氮菌数减少,真菌和放线菌数增多^[9,29]。

大豆连作导致细菌减少,真菌增多,是由于土壤环境及大豆残体引诱所致。随着大豆地水分含量减少,根系趋碱,土壤趋酸,大豆茬残体难分解物增多,在这种情况下,限制了细菌和固氮菌的繁殖^[30,31],却能促使真菌发展。因为细菌和根瘤菌是喜湿的,放线菌是耐旱的,真菌居中又是耐酸的。从这种微生物种群组成变化及它们作用的关联性进行分析^[28,32],固氮菌减少,导致固氮能力降低,真菌增多易发生各种病害。

许多研究指出,土壤微生物是连作障碍的主要原因。沈岛对旱田作物和蔬菜连作障碍机制研究,提出土壤微生物是连作障碍的主要原因^[33]。韩晓增等(1999)通过对连作土壤高温灭菌试验证明,大豆连作除根系腐解抑制下茬大豆外,有害生物是连作大豆减产的主要原因。灭菌把有害、有益微生物同时杀死,但有益生物对大豆产量的影响远小于有害生物,即有益生物对产量影响不显著。肥水虽不能杀死有害生物,没有“治疗作用”,但能提供大豆生长良好的肥水环境,促进大豆相对生长健壮,即“营养疗法”^[34,35,36,37]。计钟程(1990)认为大豆孢囊线虫是大豆连作障碍的主要原因,但不是唯一原因^[9,20]。王震宇等则认为镰刀菌是连作障碍的主要原因之一^[6]。

5 土壤酶活性的变化

土壤中不同微生物分泌不同的酶,有些酶对作物生长是需要的。大豆连作导致土壤微生物种群发生变化,相应酶活性也发生变化。于广武等(1993)报道,大豆连作导致土壤中

磷酸酶、脲酶活性降低;蔗糖酶活性提高;转化酶连作 5 年才明显减少;过氧化氢酶连作 3 年有所提高,但总趋势是下降^[1]。杨庆凯等(1994)报道,重茬大豆土壤中脲酶、蛋白酶活性降低,蔗糖酶、过氧化氢酶活性提高,影响土壤养分释放,土壤养分下降^[5]。傅慧兰等(1997)报道,连作大豆不同生育期土壤酶活性不同,脲酶、转化酶、酸性磷酸酶、过氧化氢酶活性均以结荚期最低,而 pH 也是结荚期下降幅度最大,这 4 种酶活性与土壤 pH 动态变化一致^[22]。傅慧兰等(1999)还测定了大豆连作土壤纤维素酶活性的变化,结果结荚期活性最高,播期和成熟期活性最低,这种变化与土壤有机碳和 pH 呈显著正相关^[38]。

6 其它方面

大豆连作障碍除上述原因外,不少学者还从其它方面进行了探讨。于广武等(1993)报道,大豆连作导致土壤容重增大,非毛细管孔隙表层增大,大孔隙增多,三相比比例不协调^[1]。王晶英等(1997)研究了连作区大豆苗期根、叶中内源激素的变化,结果内源生长素(IAA)、赤霉素(GA₃)、脱落酸(ABA)含量连作区高于轮作区,而玉米叶片中玉米素核苷(ZR₅)含量轮作区是连作区的 2.732 倍^[12]。赵淑英等(1995)从生理方面对大豆连作障碍作了研究,结果表明连作导致大豆生长受阻,表现为净光合生产率、群体生产率降低;连作胁迫使叶片光合色素(Chla、Chlb、Chla/b 及类胡萝卜素含量减少;超氧化歧化酶和过氧化酶活性降低;组织外渗电导率提高;膜质过氧化作用增强,丙二醛和脯氨酸含量增加^[39]。王兆荣等(1999)报道,大豆连作对黑土和暗棕壤土的影响为:有机质、重组有机质、复合有机质及复合度均连作低于正茬,石灰性土壤则相反;水稳定性团聚体在三种土壤中连作呈下降趋势^[40]。

综上所述,大豆连作障碍是多种因素共同作用的结果,各因素之间相互联系。如大豆连作导致土壤水分亏缺,使微生物种群发生变化,引起土壤 pH 和酶的变化,进一步影响到土壤养分释放等。但由于各地土壤质地、农业耕作措施、气象因素等不同,各自连作障碍因素主次有区别。因此,解决大豆连作障碍的基本方针应是据各地具体条件,有侧重地进行水、肥及选用抗病品种等综合治理。

参 考 文 献

- 1 于广武等,大豆连作障碍机制研究初报,大豆科学,1993,12(3):237—242
- 2 于贵瑞等,连作与轮作体系土壤微生物区系及其作用研究,沈阳农业大学硕士论文,1994
- 3 景山幸二,大豆连作障害与 Pythium SPP 的关系,日本植物病理学会报,1983,48(3)
- 4 张秋英,植物根系分泌物的作用及其意义,作物杂志,1992,3:37—39
- 5 杨庆凯等,黑龙江大豆重迎茬问题及对策,大豆科学,1994,13(2):157—163
- 6 王震宇等,重茬大豆生长发育障碍机制初探,大豆科学,1991,10(1):31—36
- 7 王金陵主编,大豆,黑龙江科学技术出版社,1982,P86
- 8 王凤书编,黑龙江垦区大豆栽培技术调查资料(专辑),黑龙江国营农场总局农业处,1994,P124
- 9 计钟程等,重茬大豆减产与土壤环境变化,大豆科学,1995,14(4):321—329
- 10 高出雄康,施肥原理与技术,农业出版社,1982,P7
- 11 冯光龙等,根冠的功能平衡及与环境因素的关系,中国农业文摘—土壤肥料,1993,4:1—6
- 12 王晶英等,连作大豆根冠比增大原因的研究,大豆科学,1997,16(2):136—142
- 13 郑桂萍等,连作大豆根际土及根系,冠部三要素含量变化动态的研究,大豆科学,1995,14(4):310—315

- 14 汪锡德,大豆通报,1994,5:19
- 15 计钟程等,研究与开发,1993,1:16—20
- 16 邹永久等,土壤水分胁迫对大豆连作植株生长及病害的影响,大豆科学,1997,16(2):131—135
- 17 董钻等,土壤水分胁迫对大豆体内酶活性和膜透性的影响,大豆科学,1995,14(4):290—297
- 18 Patteron, R. P. et al., Growth and specific nodule activity of soybean during application and recovery of leaf moisture stress, Plant Physiol. 1979, 64:551—556
- 19 Vu, J. Cu, V. et al., Drought stress and elevated CO₂ effects on soybean ribulose biphosphate carboxylase activity and canopy photosynthetic rates. Plant Physiol., 1987, 83:573—578
- 20 计钟程,大豆重迎茬减产主要原因与对策,土壤通报,1990,21(2):76—78
- 21 E. W. 腊塞尔,土壤条件与植物生长,科学出版社,1979,P148
- 22 傅慧兰等,大豆连作土壤 pH 与土壤酶活性,大豆科学,1997,16(2):156—161
- 23 范晓辉等,根际环境与磷素利用研究进展,土壤通报,1992,23(5):228—240
- 24 曹仪植等编,植物生理学,兰州大学生物系出版,1994
- 25 刘芷宇,根际微环境的研究,土壤,1993,25(6):225—229
- 26 于贵瑞等,大豆、向日葵等作物连作障碍与轮作效应机理的研究初报,生态学杂志,1988,7(2):1—8
- 27 刘增柱,大豆连、轮作土壤微生物生态分布与大豆孢囊线虫群体动态的研究,大豆科学,1990,21:206—211
- 28 陈华癸等,土壤微生物学,上海科学技术出版社,1979
- 29 成田保三郎,连作土壤的微生物区系,日本土壤肥料科学大会发表,1975
- 30 S. A. 互克斯曼,放线菌,第二卷,科学出版社,1974,P5,P178—182
- 31 C. N. 切尔诺布里文科,植物分泌物的生物学作用和间作中的种间相互作用,科学出版社,1961,P167—170
- 32 姜成后等,微生物在土壤养分中转化作用,科学出版社,1962,P31—37
- 33 沈岛,防治连作障碍的措施,日本土壤肥料科学杂志,1983,2:170—178
- 34 韩晓增等,大豆连作减产主要障碍因素研究,Ⅰ. 连作大豆土壤有害生物的障碍效应,大豆科学,1999,18(1):47—52
- 35 韩晓增等,连作大豆根系腐解物的障碍效应,大豆科学,1998,17(3):207—212
- 36 韩晓增等,重迎茬大豆营养失调原因及其调控技术的研究,农业现代化研究,1996,16(5):302—307
- 37 许艳丽等,连作大豆生物障碍研究,中国油料,1997,19(3):46—48
- 38 傅慧兰等,大豆连作对土壤纤维酶活性的影响,大豆科学,1999,18(1):81—84
- 39 赵淑英等,连作对大豆生理生化特性的影响,大豆科学,1995,14(2):113—118
- 40 王兆荣等,重迎茬大豆对土壤有机—无机复合胶体及土壤结构的影响,大豆科学,1999,18(1):10—17

GENERAL REVIEW IN THE STUDY OF BARRIER MECHANISM CAUSED BY CONTINUOUS SOYBEAN CROPPING

Wang Jinlong Xu Ran Chen Cunlai Wang Cajie

(Crop Institute, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan 250100)

Abstract The researches have been extensively studying the barrier mechanism caused by continuous soybean cropping in the past few years. But the conclusions were incompletely consistent with each other. The paper gives a general review in the study of barrier mechanism caused by continuous soybean cropping. The purpose is to provide a reference for solving the barrier that is caused by continuous soybean cropping.

Key words Soybean; Continuous cropping; Barrier mechanism