

耕作方式对春玉米田间杂草·土壤容重和含水率的影响

杜艳伟, 赵晋锋*, 王高鸿, 李颜方, 阎晓光, 赵根有 (山西省农业科学院谷子研究所, 山西长治 046001)

摘要 研究秋季深松、春季深松、传统翻耕和免耕4种耕作方式对春玉米田土壤容重、土壤含水率、杂草发生情况、产量及水分利用效率的影响。结果显示,深松处理能够有效降低16~35 cm土层的土壤容重;秋季深松能在整个生育期提高20~60 cm土层的土壤含水率;春季深松能够提高拔节期—成熟期20~60 cm土层的土壤含水率;不同处理田间杂草发生状况从重到轻依次为免耕处理、秋季深松处理、春季深松处理、传统翻耕处理;产量从高到低依次为秋季深松处理、传统翻耕处理、春季深松处理、免耕处理;秋季深松处理能提高玉米水分利用效率。

关键词 玉米;耕作方式;田间杂草;土壤容重;含水率

中图分类号 S513 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2019)16-0021-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2019.16.007



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Effects of Tillage Method on Weeds, Soil Bulk Density and Water Content in Maize Fields

DU Yan-wei, ZHAO Jin-feng, WANG Gao-hong et al (Millet Research Institute, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Changzhi, Shanxi 046001)

Abstract Four tillage methods were adopted, which were plowing tillage, no-tillage, subsoiling in autumn and subsoiling in spring. Their effects on soil bulk density, soil moisture content, weed occurrence, yield and water use efficiency were researched. Results showed that subsoiling treatments could effectively reduce the soil bulk density in 16-35 cm soil layer. Subsoiling in autumn could enhance the soil moisture content during the whole growth period at 20-60 cm soil layer. Subsoiling in spring could enhance the soil moisture content from jointing stage to mature stage at 20-60 cm soil layer. The field weed occurrence of four treatments from heavy to light were in the order of no-tillage, subsoiling in autumn, subsoiling in spring and plowing tillage. Yields of four treatments from high to low were in the order of subsoiling in autumn, plowing tillage, subsoiling in spring, no-tillage. Subsoiling in autumn could enhance the water use efficiency of maize.

Key words Maize; Tillage method; Field weed; Soil bulk density; Moisture content

玉米在我国粮食生产中占比越来越重,种植面积稳中有升,单产与总产也逐年升高^[1-2]。作为玉米大田生产中的一项目标技术,耕作方式对耕层土壤、病虫害草害、玉米生长发育以及产量状况都有深远的影响^[3-4]。受气候条件、当地农民生产习惯等因素的影响,农民在玉米大田生产方式中已形成了地域式的基本固定的传统耕作方式,山西省春玉米区基本是传统翻耕、免耕2种主要的耕作方式^[5-7]。连年的传统翻耕与免耕作业使得土壤耕层较浅、犁底层越来越厚、土壤通透性不好、蓄水能力变差,也影响到玉米根系向更深的土层下扎吸取水分与营养,导致玉米倒伏风险加大,而倒伏直接影响到了玉米全程机械化生产的发展进程^[8-10]。基于上述众多原因,近几年农业科研人员与农技推广人员加大了对深松机具的研发与深松技术的推广,旨在解决山西省玉米生产中的问题。鉴于此,笔者选用了传统翻耕、免耕、秋季深松、春季深松4种耕作方式,研究其对田间杂草发生规律、土壤容重、土壤含水率、产量和水分利用效率的影响,以期山西省春玉米田耕作方式的选择提供理论支持。

1 材料与与方法

1.1 试验地概况 试验于2016—2017年在山西省长子县山西省农业科学院谷子研究所试验基地(112.57° E, 36.10° N)进行,试验地前茬作物玉米,土壤属于砂壤土,肥力水平中等,试验田间管理措施等同周围农户大田生产措施。

基金项目 山西省农科院特色农业技术攻关项目(YGG17021);山西省农业科学院农业科技创新项目(YCX2018206)。

作者简介 杜艳伟(1984—),女,山西榆社人,助理研究员,硕士,从事玉米、谷子育种和栽培研究。*通信作者,副研究员,博士,从事玉米、谷子功能基因组与分子育种研究。

收稿日期 2019-02-25

1.2 试验材料 供试玉米品种为先玉335。

1.3 试验方法 由于是大型机械操作,所以试验选取了大区设计,每个处理1个大区,1个大区占地面积2 000 m²,共设4个大区,试验总占地面积8 000 m²,种植密度设定为60 000 株/hm²,具体作业程序见表1。

表1 4种耕作方式的作业程序

Table 1 Operation procedure of four tillage methods

序号 No.	耕作方式 Tillage method	作业程序 Operation procedure
1	传统翻耕(P)	秋季玉米收获后,用传统犁铧翻耕,作业深度20 cm,来年春季播前旋耕犁旋8 cm
2	免耕(N)	秋季玉米收获后不做处理,来年春季播前旋耕犁旋5 cm
3	秋季深松(S1)	秋季玉米收获后,用深松机深松,作业深度35 cm,来年春季播前旋耕犁旋8 cm
4	春季深松(S2)	秋季玉米收获后不做处理,来年春季播前深松机深松,作业深度35 cm,旋耕犁旋8 cm

1.4 测定项目

1.4.1 土壤容重的测定。在玉米播种后、拔节期、抽雄期和成熟期4个时期分别测定0~15、16~25、26~35 cm共3个土层的土壤容重,每个处理五点取样,使用100 cm³的环刀取土,带回实验室计算土壤容重。

1.4.2 土壤含水率的测定。在玉米苗期、拔节期、抽雄期和成熟期4个时期分别测定0~20、20~40、40~60、60~80、80~100、100~120 cm共6个土层深度的土壤含水率,每个处理按照五点取样法,测定5点,每个点按照土钻取土法分别取得

各深度土层土样,放入自封袋中,带回实验室统一放入提前称好的对应空盒并编号的铝盒称重后放入烘箱烘干,称重计算对应的土壤含水率。

1.4.3 田间杂草的调查。在玉米出苗后第14天,统一调查了试验各处理田间杂草发生情况。每个处理选择5点取样调查,每点调查面积10 cm²,田间调查记录了杂草的种类与株数,带回实验室称取其对应的杂草鲜重。

1.4.4 产量测定。9月29日统一收获取样测产,每个大区选取5点,每点测产20 m²。

1.5 数据处理 采用Excel 2007 软件进行数据计算和作图,

采用SPSS 18.0 统计分析软件进行数据差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 耕作方式对土壤容重的影响 由表2可知,4种耕作方式中,0~35 cm 土层免耕处理的土壤容重最大;在0~15 cm 土层,传统翻耕处理与秋季深松、春季深松处理的土壤容重差异不明显;在16~35 cm 土层,传统翻耕处理的土壤容重显著高于秋季深松和春季深松处理,秋季深松和春季深松处理之间各土层的土壤容重无明显规律,变化差异不显著。整个生育期土壤0~35 cm 土层的土壤容重由高到低依次为免耕、传统翻耕、秋季深松、春季深松处理。

表2 耕作方式对不同时期土壤容重的影响

Table 2 Effects of different tillage methods on soil bulk density at different growth periods

处理名称 Treatment name	播种后 After sowing			拔节期 Jointing stage			抽雄期 Tasseling stage			成熟期 Maturity stage		
	0~15 cm	16~25 cm	26~35 cm	0~15 cm	16~25 cm	26~35 cm	0~15 cm	16~25 cm	26~35 cm	0~15 cm	16~25 cm	26~35 cm
传统翻耕(P) Plowing tillage	1.29 c	1.35 b	1.41 a	1.31 b	1.35 b	1.42 a	1.34 b	1.36 b	1.41 a	1.35 c	1.38 b	1.41 b
免耕 No-tillage(N)	1.38 a	1.42 a	1.42 a	1.38 a	1.42 a	1.43 a	1.36 a	1.39 a	1.42 a	1.39 a	1.43 a	1.43 a
秋季深松(S1) Subsoiling in autumn	1.27 d	1.33 c	1.32 b	1.29 c	1.33 c	1.32 b	1.35 b	1.35 b	1.36 b	1.36 bc	1.37 b	1.37 c
春季深松(S2) Subsoiling in spring	1.31 b	1.30 d	1.31 b	1.32 b	1.31 d	1.33 b	1.36 a	1.35 b	1.34 c	1.37 b	1.34 c	1.38 c

注:同列不同小写字母表示在0.05水平差异显著

Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences at 0.05 level

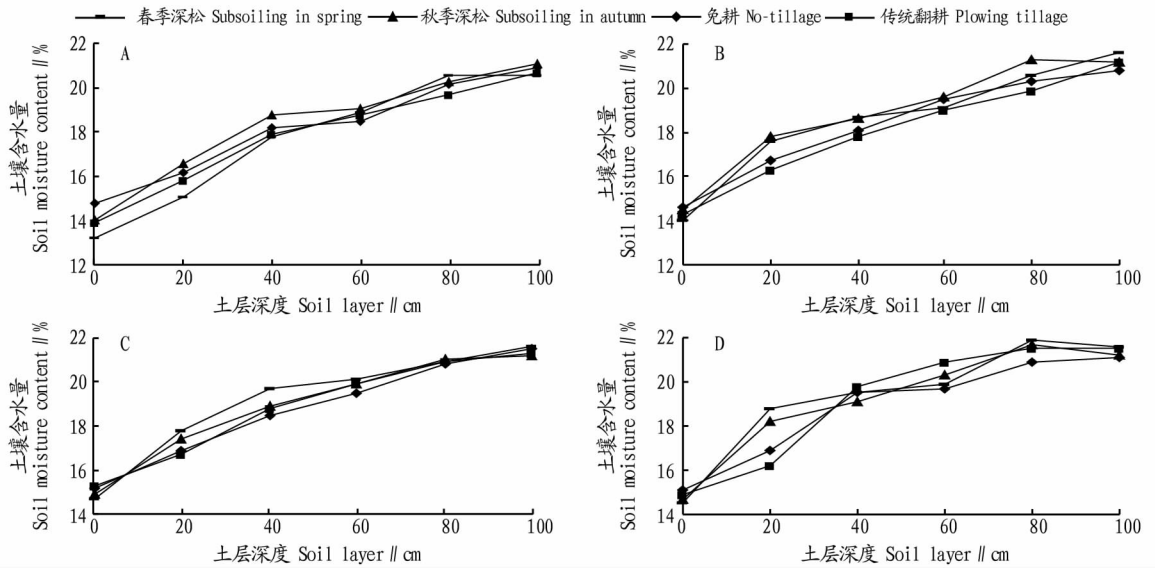
2.2 耕作方式对玉米不同生育期土壤含水率的影响 由图1可知,苗期0~20 cm 表层土壤免耕处理的含水率最高,传统翻耕与秋季深松处理相差不大,而春季深松处理最低,20~40 cm 与40~60 cm 土层的土壤含水率基本表现一致,由高到低依次均为秋季深松处理、免耕处理、传统翻耕处理、春季深松处理,苗期60~120 cm 土层的土壤含水率无明显区别,基本保持一致。从苗期4个处理土壤含水率的情况可以看出,免耕处理因为土壤翻动少,在0~60 cm 土层均表现出较高的土壤含水率,秋季深松处理因为在前一年进行了深松作业,冬季降水能够更多地储存于20~60 cm 土层,春季深松处理由于春季气候干燥多风、动土幅度大、土壤水分蒸发严重,苗期0~60 cm 土层的土壤含水率最低。拔节期0~20 cm 表层土壤4个处理的土壤含水率无明显差异,20~40 cm 和40~60 cm 土层的土壤含水率均表现为2个深松处理大于免耕处理,免耕处理大于传统翻耕处理,60~120 cm 土层拔节期的土壤含水率无明显变化规律,4个处理基本相同。拔节期玉米营养生长旺盛、需水量大,2个深松处理均表现为20~60 cm 土层的土壤含水率比免耕和传统翻耕处理高,深松处理能够提高拔节期20~60 cm 土壤的含水率,对玉米拔节期的生长起到促进作用。抽雄期传统翻耕和免耕处理0~20 cm 表层土壤的土壤含水率高于2个深松处理,原因可能是玉米在抽雄期阶段降水频繁,传统翻耕与免耕处理由于犁底层存在的问题,导致水分下渗速度缓慢,难以下渗,地表径流大,因此表层土壤含水率较高。抽雄期其他深度土层的土壤含水率变化规律与拔节期相同。成熟期0~20 cm 表层土

壤4个处理的土壤含水率无明显差异,20~60 cm 土层深松处理要高于传统翻耕与免耕处理,60~120 cm 土层的土壤含水率在成熟期无明显差异。

2.3 耕作方式对苗期田间杂草发生的影响 苗期有5种杂草,包括藜、凹头苋、马齿苋、马唐和稗草。由图2可知,藜和凹头苋杂草株数的发生情况规律一致,从高到低依次为免耕处理、春季深松处理、秋季深松处理、传统翻耕处理,4个处理间差异均达显著水平。马齿苋杂草株数表现为免耕处理高于其他3个处理,差异达显著水平,其他3个处理的杂草株数由高到低依次为春季深松处理、传统翻耕处理、秋季深松处理,但差异未达显著水平。4个处理马唐的杂草株数由高到低依次为免耕处理、传统翻耕处理、春季深松处理、秋季深松处理,传统翻耕与春季深松处理间差异未达显著水平。稗草发生情况很少,4个处理稗草株数由高到低依次为传统翻耕处理、春季深松处理、秋季深松处理、免耕处理。

从图3可以看出,各处理间杂草鲜重规律与杂草株数规律基本保持一致,主要体现在免耕处理杂草发生严重,总体杂草发生情况从重到轻依次是免耕处理,秋季深松处理,春季深松处理和传统翻耕处理。

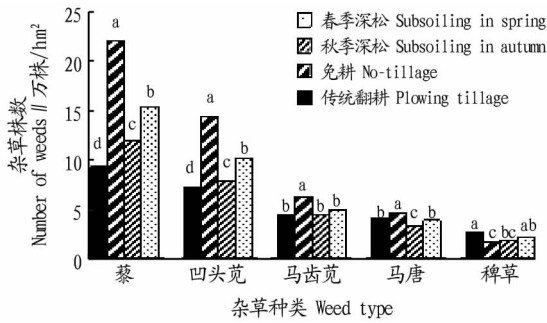
2.4 耕作方式对玉米水分利用效率的影响 从表3可以看出,4个处理产量从高到低依次为秋季深松处理、传统翻耕处理、春季深松处理、免耕处理,4个处理间差异均达显著水平。4个处理水分利用效率从高到低依次为秋季深松处理、传统翻耕处理、免耕处理、春季深松处理,水分利用效率的差异也均达显著水平,其规律基本与产量结果规律保持一致。



注:A.苗期;B.拔节期;C.抽雄期;D.成熟期
Note:A.Seedling stage; B.Jointing stage; C.Tasseling stage; D.Maturity stage

图1 耕作方式对玉米各生育不同土层土壤含水率的影响

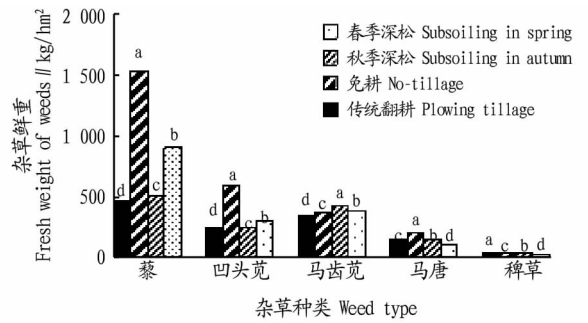
Fig.1 Effects of different tillage methods on soil moisture contents of different soil layers



注:不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著
Note:Different lowercases indicated significant differences at 0.05 level

图2 耕作方式对苗期田间杂草株数的影响

Fig.2 Effects of different tillage methods on the number of weeds at seedling stage



注:不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著
Note:Different lowercases indicated significant differences at 0.05 level

图3 耕作方式对苗期田间杂草鲜重的影响

Fig.3 Effects of different tillage methods on fresh weight of weeds at seedling stage

表3 耕作方式对玉米水分利用效率的影响

Table 3 Effects of different tillage methods on water use efficiency of maize

处理名称 Treatment name	播前土壤贮水 Water storage at seeding time//mm	收获土壤贮水 Water storage at raping time//mm	生育期降水 Rain fall during growth period//mm	总耗水 Total water consumption mm	产量 Grain yield kg/hm ²	水分利用效率 WUE kg/(hm ² ·mm)
传统翻耕(P) Plowing tillage	490.32	551.23	322.1	383.01	10 566.23 b	27.59 b
免耕 No-tillage(N)	481.61	544.77	322.1	385.26	9 417.50 d	24.44 c
秋季深松(S1) Subsoiling in autumn	511.18	560.42	322.1	371.34	11 232.51 a	30.25 a
春季深松(S2) Subsoiling in spring	482.63	557.21	322.1	396.68	9 654.12 c	24.34 d

注:同列不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著
Note:Different lowercases in the same column indicated significant differences at 0.05 level

3 结论与讨论

该试验对 4 种常用的耕作方式进行对比,研究了其对土壤容重、土壤含水率、田间杂草、产量和水分利用效率的影响。从土壤容重来看,2 个深松处理均能有效降低 16~35 cm

土层的土壤容重,免耕处理的土壤容重最高,说明深松处理能打破耕作犁底层、提升土壤通透性,而免耕条件下土壤该性状最差,不利于改良土壤的物理性状。土壤含水率方面,秋季深松处理 20~60 cm 土层在整个生育期均表现出优势,

春季深松处理在苗期、拔节期前土壤含水率较低,拔节期后一成熟期20~60 cm土层也表现出含水率高的趋势,免耕在苗期土壤含水率高,但是后期在20~60 cm土层土壤含水率低,传统翻耕春季浅层土壤含水率高于春季深松,但是后期20~60 cm的土壤含水率低于深松处理,秋季深松能够通过提升土壤通透性,增加20~60 cm土层的土壤蓄水能力,使冬季降水有效存储在深层土壤中,供第2年玉米生长需要。春季深松虽然也能和秋季深松一样使得20~60 cm土层的蓄水能力提高,但是表现在玉米生长拔节期以后,前期因为山西省春玉米区春季常年干旱风大,春季深松动土幅度大,使原有的土壤水分无效蒸发、跑墒明显,传统翻耕虽然也能有效接纳冬季降水,但是由于没有打破犁底层、耕作层浅等问题,并不能把降水储存到更深一层土壤中,免耕处理中虽然春季播前浅层土壤含水率有一定优势,但是后期20 cm以下土层的土壤含水率要低于其他处理。杂草发生状况总体从重到轻依次为免耕处理、秋季深松处理、春季深松处理、传统翻耕处理,其中免耕处理因只是表层浅旋、表层土壤含水率高,所以杂草种子多,发芽早草害最严重,秋季深松处理因为春天只是旋耕,杂草危害次之,春季深松处理因为春季有大幅度的动土,表层土壤含水率也低,所以杂草危害不严重,传统翻耕处理因为在秋季土壤上下翻转,杂草种子随着翻转下入到深一层的土壤,难以生长,所以传统翻耕的草害最轻。综上所述,不同处理产量由高到低依次为秋季深松处理、传统翻耕处理、春季深松处理、免耕处理,水分利用效率从高到低依次为秋季深松处理、传统翻耕处理、免耕处理、春季深松处理,其中秋季耕作处理比春季作业、免耕处理更能够提高玉米水分利用效率。

深松处理能够打破连年浅层耕作形成的土壤犁底层,增

加土壤通透性,提高土壤蓄水能力,使得玉米根系向更深层生长吸取养分水分^[11-13]。该试验结果显示,山西省春玉米区秋季深松处理的效果要明显好于春季深松处理,主要原因是春季土壤缺水、气候多风,深松后玉米生长前半阶段土壤含水率偏低。免耕处理虽然在成本投入方面很低,但是在生产中体现不出高的产出。传统翻耕处理由于动土层不够深,效果还是没有秋季深松处理显著。结合山西省春玉米区的气候特征、生产习惯,推荐秋季深松—传统翻耕隔年进行,这既能改良土壤物理结构,又能获得较高的产量。

参考文献

- [1] 赵培芳,李玉萍,姚晓磊.山西省玉米生产现状与发展问题探讨[J].山西农业科学,2015,43(8):1031-1034.
 - [2] 王美霞,赵怀生,李海燕,等.山西玉米产业现状与发展思考[J].山西农业科学,2013,41(3):301-303.
 - [3] 王向鹏,张如养,范会民,等.选籽粒机收玉米杂交组合的鉴定和筛选研究[J].种子,2017,36(6):75-78.
 - [4] 叶志强,陈荣丽,蔡成雄,等.不同种衣剂对玉米生产的影响研究[J].种子,2018,37(2):131-132.
 - [5] 王小彬,蔡典雄,金珂,等.旱坡地麦田夏闲期耕作措施对土壤水分有效性的影响[J].中国农业科学,2003,36(9):1044-1049.
 - [6] 胡恒宇,李增嘉,宁堂原,等.深松和尿素类型对不同玉米品种水分利用效率的影响[J].中国农业科学,2011,44(9):1963-1972.
 - [7] 李旭,闫洪奎,曹敏建,等.不同耕作方式对土壤水分及玉米生长发育的影响[J].玉米科学,2009,17(6):76-78,81.
 - [8] 晋小军,黄高宝.陇中半干旱地区不同耕作措施对土壤水分及利用效率的影响[J].水土保持学报,2005,19(5):109-112.
 - [9] 胡恒宇,李增嘉,宁堂原,等.深松和尿素类型对不同玉米品种水分利用效率的影响[J].中国农业科学,2011,44(9):1963-1972.
 - [10] 梁金凤,齐庆振,贾小红,等.不同耕作方式对土壤性质与玉米生长的影响研究[J].生态环境学报,2010,19(4):945-950.
 - [11] 吕巨智,闫庆燕,程伟东,等.不同耕作方式对土壤理化性状及玉米产量的影响[J].江苏农业科学,2015,43(11):118-121.
 - [12] 史丽娟,白文斌,李光,等.不同耕作模式对山西旱塬区高粱产量和水分利用效率的影响[J].农学学报,2018,8(12):1-5.
 - [13] 张哲元,张玉龙,黄毅,等.覆膜及深松配合措施对玉米生长发育及产量的影响[J].土壤通报,2009,40(5):1156-1159.
- (上接第13页)
- [13] MAZHAR R. Plant growth promoting rhizobacteria: Biocontrol potential for pathogens [J]. Pesquisa agropecuaria brasileira, 2016, 5(4): 1288-1295.
 - [14] FERNANDO W G D, NAKKEERAN S, ZHANG Y. Biosynthesis of antibiotics by PGPR and its relation in biocontrol of plant diseases [M] // SIDDIQUI Z K. PGPR: Biocontrol and biofertilization. Netherlands: Springer, 2005: 67-109.
 - [15] XIANG N, LAWRENCE K S, KLOEPPER J, et al. Biological control of *Meloidogyne incognita* by spore-forming plant growth-promoting rhizobacteria on cotton [J]. Plant disease, 2017, 101(5): 774-784.
 - [16] BENEDUZI A, AMBROSINI A, PASSAGLIA L M. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): Their potential as antagonists and biocontrol agents [J]. Genetics and molecular biology, 2012, 35(S1): 1044-1051.
 - [17] ABDALLA O A, BIBI S, ZHANG S. Application of plant growth-promoting rhizobacteria to control *Papaya ringspot virus* and *Tomato chlorotic spot virus* [J]. Archives of phytopathology and plant protection, 2017, 50: 11-12.
 - [18] 康哈军,程洁,梅丽娟,等.植物根际促生菌作用机制研究进展[J].应用生态学报,2010,21(1):232-238.
 - [19] GULLAP M K, DASCI M, ERKOVAN H I, et al. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) and phosphorus fertilizer-assisted phytoextraction of toxic heavy metals from contaminated soils [J]. Communications in soil science and plant analysis, 2014, 45(19): 2593-2606.
 - [20] KANG S M, KHAN A L, WAQAS M, et al. Plant growth-promoting rhizobacteria reduce adverse effects of salinity and osmotic stress by regulating phytohormones and antioxidants in *Cucumis sativus* [J]. Journal of plant interactions, 2014, 9(1): 673-682.
 - [21] HABIB S H, KAUSAR H, SAUD H M. Plant growth-promoting rhizobacteria enhance salinity stress tolerance in okra through ROS-scavenging enzymes [J]. BioMed Research International, 2016-01-21 [2019-01-12]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4756578/>. doi: 10.1155/2016/6284547.
 - [22] ZAMIOUDIS C, KORTELAND J, VAN PELT J A, et al. Rhizobacterial volatiles and photosynthesis-related signals coordinate *MYB72* expression in *Arabidopsis* roots during onset of induced systemic resistance and iron-deficiency responses [J]. The plant journal, 2015, 84(2): 309-322.
 - [23] VEJAN P, ABDULLAH R, KHADIRAN T, et al. Role of plant growth promoting rhizobacteria in agricultural sustainability: A review [J]. Molecules, 2016, 21(5): 1-17.
 - [24] SHINWARI K I, SHAH A U, AFRIDI M I, et al. Application of plant growth promoting rhizobacteria in bioremediation of heavy metal polluted soil [J]. Asian journal of multidisciplinary studies, 2015, 3(4): 179-185.
 - [25] KAUSHAL M, WANI S P. Plant-growth-promoting rhizobacteria: Drought stress alleviators to ameliorate crop production in drylands [J]. Annals of microbiology, 2016, 66(1): 35-42.
 - [26] ETESAMI H. Can interaction between silicon and plant growth promoting rhizobacteria benefit in alleviating abiotic and biotic stresses in crop plants? [J]. Agriculture ecosystems & environment, 2018, 253: 98-112.
 - [27] SINGH B P. Screening and characterization of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): An overview [J]. Bulletin of environmental and scientific research, 2015, 4(1/2): 1-14.