

氮磷钾施用量对冬油菜几种酶活性的影响

韩顺昌^{1,2}, 李学才¹

(1. 甘肃农业大学农学院, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃省永昌县清河现代农业循环经济产业园区管委会, 甘肃 永昌 737200)

摘要: 以冬油菜品种陇油7号为试验材料, 在大田条件下, 采用“3414”配方施肥设计, 研究不同氮、磷、钾配比对陇油7号抗坏血酸过氧化物酶(APX)、过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)及超氧化物歧化酶(SOD)活性的影响。结果表明, 钾肥对冬油菜各种酶活性的影响明显, 并且在施N、P₂O₅、K₂O量分别为270.0、225.0、337.5 kg/hm²时, APX、POD、CAT及SOD活性最高, 分别比CK增加了97.4%、47.2%、41.9%和52.0%。而氮肥、磷肥对冬油菜各种酶活性的影响不明显。

关键词: 氮、磷、钾; 施肥量; 冬油菜; 酶活性

中图分类号: S565.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1463(2015)06-0032-05

[doi:10.3969/j.issn.1001-1463.2015.06.010](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1463.2015.06.010)

Effects of Nitrogen, Phosphatic and Potash Fertilizer on the Antioxidant Enzymes Activities of Winter Rapeseed

HAN Shunchang^{1,2}, LI Xuecai¹

(1. College of Agronomy, Gansu Agricultural University, Lanzhou Gansu 730070, China; 2. Qinghe Modern Agriculture Circular Economy Industrial Park Management Committee of Yongchang County, Yongchang Gansu 737200, China)

Abstract: In winter rape of longyou 7th for the test material, under field conditions, press “3414” combined application of different ratio of nitrogen, phosphorus and potassium, determining ascorbic acid enzyme (APX), peroxidase (POD), catalase (CAT) and superoxide dismutase (SOD) activities, studying the influence of the different proportion of NPK fertilizers to rape winter enzyme activity. The result shows that the influence of the nitrogen and phosphorus fertilizers on the activity of APX, POD, CAT and SOD are not significant, but the effects of potash rape on enzymatic activities are significant, and in N₂P₂K₃ processing, namely N、P、K are 270.0、225.0、337.5 kg/hm², which is 97.4%、47.2%、41.9%、52.0% higher than that CK, nitrogen, phosphatic are not significant on the antioxidant enzymes activities of winter rapeseed.

Key words: Nitrogen; Phosphatic; Potash; Fertilizer; Winter rapeseed; Enzymatic activity.

油菜是需肥较多的作物, 要实现高产、优质, 必须满足油菜对养分的需求。其中以氮、磷、钾的作用尤其突出, 氮能促进有机体生长发育, 增加分枝^[1], 磷主要是对能量传递体系起介质的作用^[2], 钾对油菜体内多种重要的酶类起催化剂的作用^[3]。因此, 如何施用氮、磷、钾肥, 一直是人们广泛关注的问题。有研究表明, 单施氮肥可促进冬油菜的生长, 而从越冬情况来看, 冬前单施氮肥对冬油菜越冬不利; 磷、钾配施可使冬油菜成熟期推迟, 全生育期延长; 氮、磷、钾肥配施对与冬油菜抗性有关的超氧化物歧化酶、脯氨酸、可溶性蛋白、可溶性糖等都有显著的影响^[4-6]。氮、磷、钾配施比单施一种肥料明显改善生长状况并提高产量和抗性^[7], 主要是因为氮、磷、钾肥配施能够促进油菜对养分的均衡吸收。我们研

究不同氮、磷、钾配比对冬油菜酶活性的影响, 以期为指导油菜合理施肥提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

氮肥为尿素(N₂≥46.4%), 刘家峡化工集团生产; 磷肥为颗粒状普通过磷酸钙(P₂O₅≥12%), 白银天丰磷复肥有限公司生产; 钾肥为硫酸钾(K₂O=50%), 俄罗斯进口。指示油菜品种为陇油7号。

1.2 试验地概况

试验设在兰州市秦王川试验基地, 位于北纬36°13′~36°53′, 东经103°27′~104°21′, 海拔1900 m。年日照时数2660~2768 h, 夏季平均日照时数8~9 h, 年总辐射量543.4~557.3 kJ/cm², 年平均气温5.9℃, 年平均无霜期125~175 d, 最高气温33.3℃, 最低气温-23.5℃, ≥0℃的年平均

收稿日期: 2014-09-15; 修订日期: 2015-05-04

作者简介: 韩顺昌(1987—), 男, 甘肃永昌人, 助理农艺师, 主要从事现代循环农业研究推广工作。联系电话: (0)18219776061。

积温为 3 324.5 °C, ≥ 10 °C 的年平均积温为 2 798.3 °C。年降水量 260 ~ 290 mm, 年蒸发量 1 950 mm。土壤为大白土和砂壤土相间。土壤中性偏碱, 其中有机质 9.7 g/kg、全氮 0.714 g/kg、全磷 0.924 g/kg, pH 8.7。前茬作物为小麦。

1.3 试验方法

采用“3414”试验设计, 以不施肥为对照(CK), 共 14 个处理, 小区面积 15 m²(2.5 m × 6.0 m), 行距 20 cm, 株距 10 cm, 不设重复, 播种方式为开沟点播。2013 年 8 月 20 日播种。

酶液提取参照 Zhu 等的方法^[8-9], 并稍作改动。称取不同处理的样品叶片 0.5 g, 在冰浴条件下置于预冷过的研钵中, 加入 50 mmol/L 的 pH 7.8 磷酸缓冲液(内含 1% 聚乙烯吡咯烷酮)5 mL 研磨至匀浆, 转入离心管, 在 4 °C、12 000 r/min 条件下离心 15 min, 上清液即为酶液。

超氧化物歧化酶(SOD)活性测定参照 Huang 等的方法^[10], 并稍作改动。配制反应混合液(50 mmol/L 的 pH 7.8 磷酸缓冲液 15 mL、0.1 mmol/L 的 EDTA 3 mL、0.75 mmol/L 的氮蓝四唑 3 mL、130 mmol/L 的甲硫氨酸 3 mL、0.02 mmol/L 的核黄素 3 mL 及蒸馏水 2.5 mL), 吸取 3 mL 反应混合液, 加入 20 μL 酶液, 在 4 000 Lx 条件下光照 30 min,

之后在 560 nm 处测定吸光度, 其中 SOD 活性以抑制氮蓝四唑 50% 为 1 个酶活性单位。

过氧化物酶(POD)活性测定参照 Shi 等的方法^[11], 并稍作改动。配制反应混合液(0.1 mol/L 的 pH 6.0 磷酸缓冲液 50 mL、愈创木酚 28 μL 和 30% H₂O₂ 19 μL), 吸取 3 mL 反应混合液加入 20 μL 酶液, 在 470 nm 处测定吸光度, 每隔 30 s 读数 1 次, 以 30 s 吸光度的增加值来表示酶活性的大小。

过氧化氢酶(CAT)活性测定参照 Aebi 的方法^[12], 并稍作改动。配制反应混合液(0.1 mol/L 的 pH 7.0 磷酸缓冲液 20 mL 和 0.1 mol/L 的 H₂O₂ 5 mL), 吸取 3 mL 反应混合液, 加入 100 μL 酶液, 在 240 nm 处测定吸光度, 每隔 1 min 读数 1 次, 以 1 min 内 1 μmol H₂O₂ 的分解量来表示酶活性的大小。

抗坏血酸过氧化物酶(APX)活性测定参照 Nakano 和 Asada 的方法^[13]。配制反应混合液(50 mmol/L pH 7.0 的 PBS 缓冲液 1.8 mL、15 mmol/L AsA 0.1 mL、0.3 mmol/L H₂O₂ 1 mL), 吸取 3 mL 反应液, 加入 0.1 mL 酶液(以不加酶液为对照), 在 290 nm 处测定吸光度, 每隔 1 min 读数 1 次, 以 1 min OD₂₉₀ 变化 0.01 为 1 个酶活性单位。

2 结果与分析

2.1 氮、磷、钾不同施用量对冬油菜 SOD 活性的影响

氮、磷、钾不同施用量对冬油菜 SOD 活性的影响不同。由图 1 A 可以看出, 处理 2(N₀P₂K₂)、处理 3(N₁P₂K₂)、处理 6(N₂P₂K₂) 和处理 11(N₃P₂K₂) 的 SOD 活性随施氮量的增加呈现上升趋势, 当氮肥水平达到最高时, 即在处理 11(N₃P₂K₂) 下, 冬油菜 SOD 活性比对照升高 26%, 因此可知, 当磷肥和钾肥处于比较高的水平时, 配施氮肥对冬油菜 SOD 活性有影响。由图 1 B 可以看出, 处理 8(N₂P₂K₀)、处理 9(N₂P₂K₁)、处理 6(N₂P₂K₂) 和处理 10(N₂P₂K₃) 的 SOD 酶活性随施钾量的增加呈现先上升后下降而后再上升的变化趋势, 在处理 10(N₂P₂K₃) 下, 冬油菜的 SOD 活性比对照增加了 52.0%, 因此可知, 当氮肥和磷肥处于比较高的水

表 1 不同处理的施肥量

序号	处理	施肥量/(kg/hm ²)		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	N ₀ P ₀ K ₀	0	0	0
2	N ₀ P ₂ K ₂	0	225.0	225.0
3	N ₁ P ₂ K ₂	135	225.0	225.0
4	N ₂ P ₀ K ₂	270	0	225.0
5	N ₂ P ₁ K ₂	270	112.5	225.0
6	N ₂ P ₂ K ₂	270	225.0	225.0
7	N ₂ P ₃ K ₂	270	337.5	225.0
8	N ₂ P ₂ K ₀	270	225.0	0
9	N ₂ P ₂ K ₁	270	225.0	112.5
10	N ₂ P ₂ K ₃	270	225.0	337.5
11	N ₃ P ₂ K ₂	405	225.0	225.0
12	N ₁ P ₁ K ₂	135	112.5	225.0
13	N ₁ P ₂ K ₁	135	225.0	112.5
14	N ₂ P ₁ K ₁	270	112.5	112.5

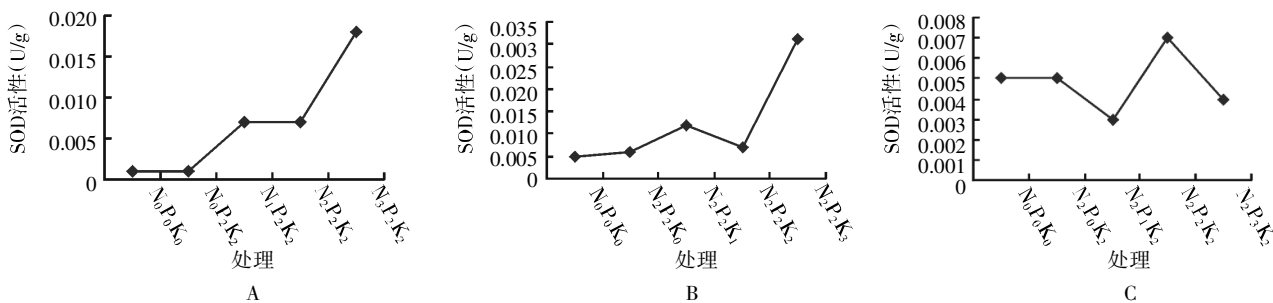


图 1 不同施肥水平对冬油菜 SOD 活性的影响

平时, 配施钾肥对冬油菜 SOD 活性有明显的影 响。由图 1 C 可以看出, 处理 4 ($N_2P_0K_2$)、处理 5 ($N_2P_1K_2$)、处理 6 ($N_2P_2K_2$) 和处理 7 ($N_2P_3K_2$) 的 SOD 酶活性随施磷量的增加呈现先下降后上升再下降的变化趋势, 而且当磷肥水平达到最高时, 即在处理 7 ($N_2P_3K_2$) 下, 冬油菜 SOD 酶活性比对照 ($N_0P_0K_0$) 下降了 20%, 由此可知, 当氮肥和钾肥处于比较高的水平时, 配施磷肥对冬油菜 SOD 酶的活性有抑制作用。综上所述, 钾肥对冬油菜 SOD 活性的影响最明显, 而且在 $N_2P_2K_3$ 的处理下, SOD 酶活性达到最高, 明显高于对照和其它处理。

2.2 氮、磷、钾不同施用量对冬油菜 POD 活性的影响

由图 2A 可以看出, 处理 2 ($N_0P_2K_2$)、处理 3 ($N_1P_2K_2$) 和处理 6 ($N_2P_2K_2$) 的冬油菜 POD 活性随施氮量的增加呈现先下降后升高再下降的趋势, 当氮肥的水平达到最高时, 即处理 11 ($N_3P_2K_2$) 下, 冬油菜 POD 活性反而比对照下降 40.8%, 因此可知, 当磷肥和钾肥处于比较高的水平时, 配施氮肥对冬油菜 POD 活性有抑制作用。由图 2B 可以看出, 处理 8 ($N_2P_2K_0$)、处理 9 ($N_2P_2K_1$)、处理 6 ($N_2P_2K_2$) 和处理 10 ($N_2P_2K_3$) 的冬油菜 POD 活性随施钾量的增加呈现先下降后升高的趋势, 尤其是在处理 10 ($N_2P_2K_3$) 下, 冬油菜的 POD 活性比对照增加了 47.2%, 因此可知, 当氮肥和磷肥处于比较高的水平时, 配施钾肥对冬油菜 POD 活性影响明显。由图 2C 可以看出, 处理 4 ($N_2P_0K_2$)、处理 5 ($N_2P_1K_2$) 和

处理 6 ($N_2P_2K_2$) 的冬油菜 POD 活性随施磷量的增加呈现先下降后升高而后下降的趋势, 而且当磷肥水平达到最高时, 即在处理 7 ($N_2P_3K_2$) 下, 冬油菜 POD 活性比对照 ($N_0P_0K_0$) 下降了 20.4%, 由此可知, 当氮肥和钾肥处于比较高的水平时, 配施磷肥对冬油菜 POD 的活性有抑制。综上所述, 钾肥对冬油菜 POD 活性的影响最明显, 而且在 $N_2P_2K_3$ 的处理下, 冬油菜 POD 活性达到最高, 明显高于对照和其它处理。

2.3 氮、磷、钾不同施用量对冬油菜 CAT 活性的影响

由图 3A 可以看出, 处理 2 ($N_0P_2K_2$)、3 ($N_1P_2K_2$) 和 6 ($N_2P_2K_2$) 的 CAT 活性随施氮量的增加, 呈先下降后升高的变化趋势, 当氮肥的水平达到最高时, 即在处理 11 ($N_3P_2K_2$) 下, 冬油菜的 CAT 活性比对照升高 32.3%, 因此可知, 当磷肥和钾肥处于比较高的水平时, 配施氮肥对 CAT 活性的影响不明显。由图 3B 可以看出, 处理 8 ($N_2P_2K_0$)、处理 9 ($N_2P_2K_1$)、处理 6 ($N_2P_2K_2$) 和处理 10 ($N_2P_2K_3$) 的 CAT 活性随施钾量的增加呈现先升高后下降而后升高的变化趋势, 尤其是在处理 10 ($N_2P_2K_3$) 下, 冬油菜的 CAT 活性比对照增加了 41.9%, 因此可知, 当氮肥和磷肥处于比较高的水平时, 配施钾肥对冬油菜的 CAT 活性影响明显。图 3C 可以看出, 处理 4 ($N_2P_0K_2$)、处理 5 ($N_2P_1K_2$) 和处理 6 ($N_2P_2K_2$) 的 CAT 活性随施磷量的增加呈现缓慢上升的趋势, 当磷肥水平达到最高时, 即在处理 7 ($N_2P_3K_2$) 下, 冬油菜 CAT 活性比对照 ($N_0P_0K_0$) 上升了 30.2%, 由

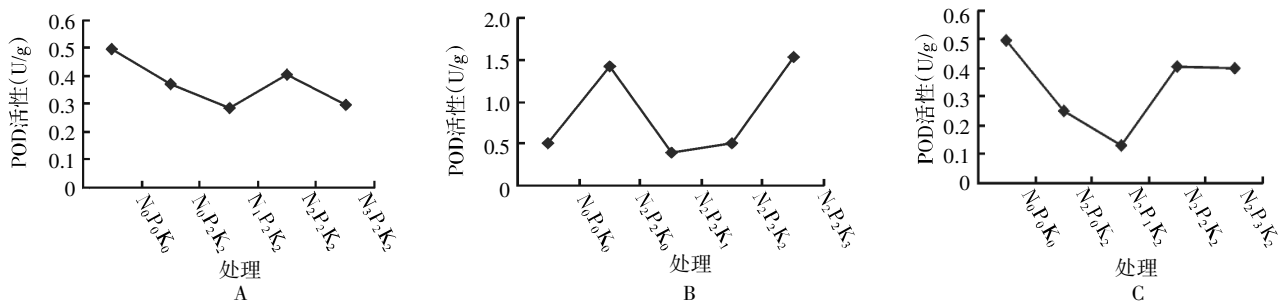


图 2 不同施肥水平对冬油菜 POD 活性的影响

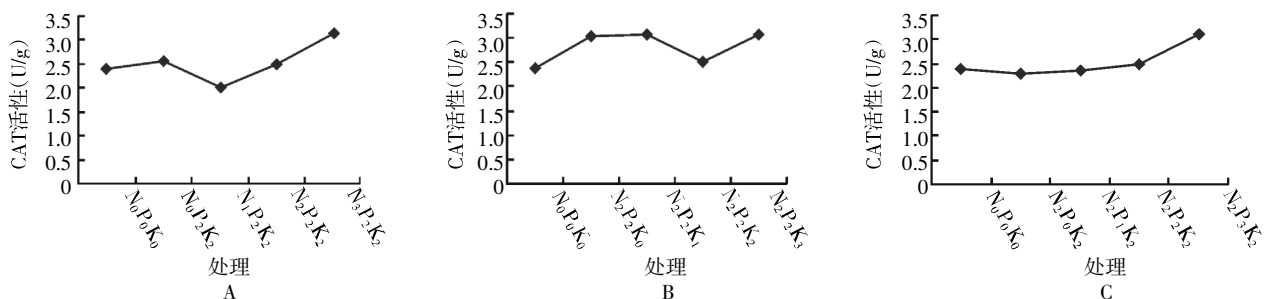


图 3 不同施肥水平对冬油菜 CAT 活性的影响

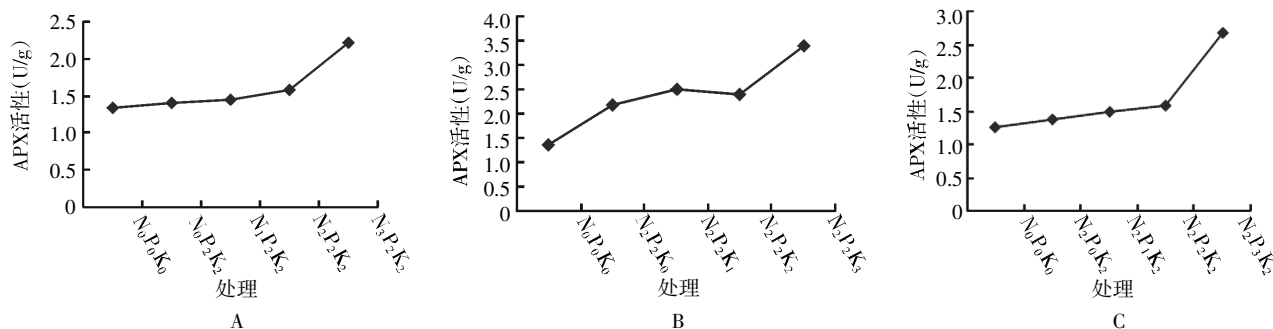


图4 不同施肥水平对冬油菜 APX 活性的影响

此可知,当氮肥和钾肥处于比较高的水平时,配施磷肥对冬油菜 CAT 活性的影响不明显。综上所述,钾肥对冬油菜 CAT 活性的影响最明显,而且在 $N_2P_2K_3$ 处理下, CAT 活性达到最高,明显高于对照和其它处理。

2.4 氮、磷、钾不同施用量对冬油菜 APX 活性的影响

由图 4A 可以看出,处理2 ($N_0P_2K_2$)、处理3 ($N_1P_2K_2$)和处理6 ($N_2P_2K_2$)的冬油菜 APX 活性随施氮量的增加变化不明显,当氮肥的水平达到最高时,即在处理11 ($N_3P_2K_2$)下,冬油菜 APX 活性比对照升高 87.4%,因此可知,当磷肥和钾肥处于比较高的水平时,配施氮肥对 APX 活性的影响不明显。由图 4B 可以看出,处理8 ($N_2P_2K_0$)、处理9 ($N_2P_2K_1$)、处理6 ($N_2P_2K_2$)和处理10 ($N_2P_2K_3$)的 APX 活性与对照 ($N_0P_0K_0$)相比有明显的增加,尤其在处理10 ($N_2P_2K_3$)下,冬油菜的 APX 活性比对照增加了 97.4%,因此可知,当氮肥和磷肥处于比较高的水平时,配施钾肥对冬油菜 APX 活性影响明显。由图 4C 可以看出,处理4 ($N_2P_0K_2$)、处理5 ($N_2P_1K_2$)和处理6 ($N_2P_2K_2$)的冬油菜 APX 活性与对照 ($N_0P_0K_0$)相比,变化不明显,但当磷肥水平达到最高时,即在处理7 ($N_2P_3K_2$)下,冬油菜 APX 活性比对照 ($N_0P_0K_0$)上升了 86.7%,由此可知,当氮肥和钾肥处于比较高的水平时,配施磷肥对冬油菜 APX 活性的影响不显著。综上所述,钾肥对冬油菜 APX 活性的影响最明显,而且在 $N_2P_2K_3$ 的处理下, APX 活性达到最高,明显高于对照和其它处理。

3 小结与讨论

试验结果表明,氮肥和磷肥对冬油菜体内超氧化物歧化酶活性、过氧化物酶活性、过氧化氢酶活性、抗坏血酸过氧化物酶活性影响不是很明显;而钾肥对这4种酶活性影响明显,随着施钾肥量的增加,4种酶的活性开始显著升高,并均在 $N_2P_2K_3$ 的处理下达到最高,即在 N、 P_2O_5 、 K_2O

施用量分别为 270.0、225.0、337.5 kg/hm^2 时, APX、POD、CAT 及 SOD 活性最高,分别比对照增加了 97.4%、47.2%、41.9%和 52.0%;可见,钾肥对冬油菜体内各种酶活性有显著的影响作用,这与前人钾对油菜体内多种重要的酶类起催化剂作用的研究一致^[3]。

参考文献:

- [1] 李志玉, 郭庆元, 廖星. 不同氮水平对双低油菜中双9号产量和品质的影响[J]. 中国油料作物学报, 2007, 29(2): 78-82.
- [2] 段海燕, 王运华. 不同甘蓝型油菜品种磷营养效率的差异研究[J]. 华中农业大学学报, 2001, 20(3): 241-242.
- [3] ZHAO F J. Sulfur and oilseed rape production in the United Kingdom[J]. Sulfur in Agric., 1991, 15: 13-16.
- [4] 魏文慧, 孙万仓. 氮磷钾肥对西北寒旱区冬油菜越冬率、产置及经济性状的影响[J]. 西北农业学报, 2009, 18(2): 122-125; 130.
- [5] 郭庆元, 李志玉, 涂学文. 我国南方红黄壤地区优质油菜营养特性与施肥研究 II. 红壤区稻田双低油菜中双7号高产施肥[J]. 中国油料作物学报, 2001, 23(1): 51-55.
- [6] 韩燕来, 介晓磊, 谭金芳. 超高产冬小麦氮磷钾吸收、分配与运转规律的研究[J]. 作物学报, 1998, 24(6): 908-914.
- [7] 刘志荣, 杨澄智. 氮、磷、钾、硼肥不同配方对油菜产量的影响[J]. 耕作与栽培, 2006(4): 36-37.
- [8] ZHU Z B, LIANG Z S, HAN R L. Saikosaponin accumulation and antioxidative protection in drought-stressed *Bupleurum chinense* DC. Plants[J]. Environ. Exp. Bot., 2009, 66: 326-333.
- [9] AN Y Y, LIANG Z S. Drought tolerance of *Periploca sepium* during seed germination: antioxidant defense and compatible solutes accumulation[J]. Acta Physiol Plant, 2013, 35(3): 959-967.
- [10] HUANG X S, LIU J H, CHEN X J. Overexpression of PtrABF gene, a bZIP transcription factor isolated from *Poncirus trifoliata*, enhances dehydration and drought tolerance in tobacco via scavenging ROS and modulating expression of stress-responsive genes[J]. BMC Plant

平凉市蔬菜产地灌溉水源重金属含量检测与评价

张艳丽

(甘肃省平凉市农产品质量安全检测检验中心, 甘肃 平凉 744000)

摘要: 对平凉市蔬菜产地2006—2011年抽取的22个灌溉水源样品进行重金属含量检测。结果表明, 平凉市蔬菜产地灌溉水源重金属污染程度由大到小依次为Hg、Pb、Cr、As、Cd, 单项污染指数均小于0.7, 综合污染指数为0.065 1, 说明平凉市蔬菜产地灌溉水源安全清洁的, 水源环境适宜于蔬菜产业开发。

关键词: 重金属; 灌溉水; 污染指数; 平凉市

中图分类号: X52

文献标识码: A

文章编号: 1001-1463(2015)06-0036-03

[doi:10.3969/j.issn.1001-1463.2015.06.011](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1463.2015.06.011)

Detection and Evaluation of Heavy Metal Contents in Irrigation Water Vegetable Growing Area of Pingliang City

ZHANG Yanli

(Pingliang city agricultural Product Quality Safety Testing Center, Pingliang Gansu, 744000, China)

Abstract: The 22 irrigation water samples on vegetables production is extracted for detection of heavy metals in Pingliang city from 2006 to 2011 years. From high to low, the pollution degree of heavy metals in irrigation water is Hg, Pb, Cr, As, Cd in vegetable production in Pingliang city, the single pollution index of these heavy metals is less than 0.7, and the comprehensive pollution index is 0.065 1. The result shows that the water of vegetable irrigation is safe and clean in Pingliang city and the water environment suitable for development of vegetable industry.

Key words: Heavy metal; Irrigation water; Pollution index; Pingliang city

蔬菜是人类的主要副食品, 是膳食中不可缺少的物质。灌溉水源中的重金属既影响蔬菜的生长发育, 还影响蔬菜的质量安全以及产地生态环境^[1-3]。平凉市属典型的雨养农业区, 保灌农田多种植蔬菜等高效作物。随着工业化进程的加快, 泾河、渭河及其主要支流均受到不同程度的污染, 灌溉水源状况将直接影响蔬菜产业发展, 对蔬菜质量安全带来了威胁。为全面评价平凉市蔬菜产地水源污染状况, 我们整合 2005—2011 年甘肃省平凉市无公害蔬菜产地认定及一体化认证抽取的 22 个水源样品检测资料, 采用综合污染指数法分析了蔬菜产地灌溉水源污染程度, 旨在为平凉市蔬菜产地水源监管提供参考。

1 材料与方法

1.1 调查区概况

平凉市下辖泾川、灵台、崇信、华亭、庄浪、静宁 6 县和崆峒区, 总土地面积 11 141 km², 海拔 890 ~ 2 857 m。年均气温 8.50 ℃, 降水量 228.8 ~ 856.3 mm, 多年平均降水量为 525.30 mm。多年平均水面蒸发量为 896.50 mm^[4]。平凉市六盘山以东地区干旱指数 1.10 ~ 1.90, 为半湿润区, 境内河流主要有黄河流域的泾河和渭河两大水系。2007 年平凉市总用水量为 3.56 亿 m³, 其中农业用水 2.09 亿 m³、林牧渔业及生态用水 0.30 亿 m³、工业用水 0.73 亿 m³、城市生活用水 0.17 亿 m³、农村生活用水 0.27 亿 m³, 水资源利用率为 21.30%。经平凉市

收稿日期: 2014-12-29; 修订日期: 2015-04-16

作者简介: 张艳丽(1983—), 女, 甘肃静宁人, 农艺师, 主要从事农产品质量安全检测工作。E-mail: zyanli114@163.com

Biol, 2010, 10: 230.

[11] SHI S, FU X Z, PENG T, *et al.* Spermine pretreatment confers dehydration tolerance of citrus in vitro plants via modulation of antioxidative capacity and stomatal response[J]. Tree Physiol, 2010, 30: 914-922.

[12] AEBI H. Catalase in vitro[J]. Methods Enzymol, 1984,

105: 121-126.

[13] NAKANO Y, ASADA K. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate specific peroxidase in spinach chloroplasts[J]. Plant Cell Physiol, 1981, 22: 867-880.

(本文责编: 陈 珩)