

黄腐酸对西北旱作区马铃薯产量及品质的影响

李亚杰^{1,2}, 罗磊^{1,2}, 王娟^{1,2}, 姚彦红^{1,2}, 李丰先^{1,2},

董爱云^{1,2}, 刘惠霞^{1,2}, 马瑞^{1,2}, 李德明^{1,2*}

(1. 定西市农业科学研究院, 甘肃 定西 743000; 2. 甘肃省马铃薯工程技术研究中心, 甘肃 定西 743000)

摘要: 黄腐酸(Fulvic acid, FA)是一类植物生长调节剂, 对农作物具有增产、提质、增强抗逆的作用。为明确基施黄腐酸对旱地马铃薯的产量及品质影响, 于2015~2016年设置了T1(黄腐酸10 kg/667m²), T2(黄腐酸20 kg/667m²), T3(黄腐酸30 kg/667m²), T4(黄腐酸40 kg/667m²)和T5[不施黄腐酸(CK)]5个处理, 研究在西北陇中旱作区基施黄腐酸对马铃薯产量、商品薯率、生育期、块茎品质、叶绿素含量、叶面积指数的影响以及分析基施黄腐酸提高马铃薯产量及品质的最佳施用量。试验结果表明, 2015~2016年, T3处理下马铃薯产量, 商品薯率, 生育期均显著高于CK处理($P < 0.05$)。2015年, T3处理对淀粉、干物质、粗蛋白、维生素C、还原糖含量影响最大, 相比对照CK增加16.7%、51.6%、40.5%、37.9%、23.5%。除还原糖指标外, 其余指标相比对照CK达到显著水平($P < 0.05$)。2016年, T3处理下的淀粉、干物质、粗蛋白、维生素C、还原糖含量最大, 相比对照CK增加32.5%、56.0%、68.3%、28.0%、16.7%, 除还原糖外, 其余指标与对照CK差异达到显著水平($P < 0.05$)。2015~2016年, T3处理下的叶绿素含量相比对照增长幅度大, 而且差异达到显著水平($P < 0.05$), T4处理下的叶面积指数相比对照增长最大。T3处理能够显著提高马铃薯产量, 改善品质, 所以黄腐酸施用量30 kg/667m²为西北陇中旱作区马铃薯的最佳黄腐酸施用量。

关键词: 马铃薯; 黄腐酸; 品质; 产量

Effects of Fulvic Acid on Yield and Quality of Potato in Arid Area of Northwest China

LI Yajie^{1,2}, LUO Lei^{1,2}, WANG Juan^{1,2}, YAO Yanhong^{1,2}, LI Fengxian^{1,2}, DONG Aiyun^{1,2}, LIU Huixia^{1,2}, MA Rui^{1,2}, LI Deming^{1,2*}

(1. Dingxi Academy of Agricultural Sciences, Dingxi, Gansu 743000, China;

2. Gansu Potato Engineering Technology Research Center, Dingxi, Gansu 743000, China)

Abstract: Fulvic acid (FA) is a plant growth regulator, which could increase crop production, improve quality and enhance the ability of stress resistance. In order to evaluate the effects of FA application rate on potato yield and quality in arid areas under rain-fed agriculture in Northwest China, five treatments, T1 (FA 10 kg/667m²), T2 (FA 20 kg/667m²), T3 (FA 30 kg/667m²), T4 (FA 40 kg/667m²), and T5 (without FA application (CK)) were set in potato cultivation in 2015-2016 and the effects of FA on potato yield, marketable tuber percentage, growth duration, tuber quality, chlorophyll content and leaf area index were investigated. The most reasonable application rate of FA on potato yield and quality were analyzed and explored in the arid areas of Longzhong in Northwest China. In 2015-2016, the potato yield, marketable tuber percentage, and growth duration under T3 treatment were significantly higher than those of CK treatment ($P < 0.05$). In 2015, the contents of starch,

收稿日期: 2017-09-09

基金项目: 现代农业产业技术体系专项资金(CARS-10); 农业科技成果转化资金(2014GB2G100146)。

作者简介: 李亚杰(1986-), 男, 助理研究员, 主要从事马铃薯遗传育种及栽培技术研究。

*通信作者(Corresponding author): 李德明, 推广研究员, 主要从事马铃薯遗传育种及栽培技术研究, E-mail: dxlideming@163.com。

dry matter, crude protein, vitamin C and reducing sugar were the highest under T3 treatment and increased by 16.7%, 51.6%, 40.5%, 37.9% and 23.5%, respectively, compared with the control. The differences were significant ($P < 0.05$) except for reducing sugar content. In 2016, the contents of starch, dry matter, crude protein, vitamin C and reducing sugar under T3 treatment reached the highest value, and increased by 32.5%, 56.0%, 68.3%, 28.0%, and 16.7%, respectively, compared with the control, the differences being significant ($P < 0.05$), except for reducing sugar content. In 2015-2016, the chlorophyll content under T3 treatment was significantly increased ($P < 0.05$), and the leaf area index under T4 treatment was increased the most compared with the control. The potato yield and quality could be improved significantly under T3 treatment, therefore application of FA at the rate of 30 kg/667m² was most reasonable for potatoes in the arid areas of Longzhong in Northwest China.

Key Words: potato; fulvic acid; quality; yield

甘肃陇中是西北典型特征的干旱与半干旱地区, 年降雨量在 350~500 mm, 年蒸发量在 1 000~1 500 mm, 主要种植作物为马铃薯、小麦、玉米等, 其中马铃薯种植面积最大。马铃薯属于需水需肥较多的作物, 对土壤地力要求较高。但是, 由于长期过分依赖化肥的增产效果而忽视农家肥料, 导致农业生态系统内部结构发生变化, 特别是过量施用化肥和使用比例失调, 使得农业系统内部结构受到破坏, 农田耕作层土壤有机质含量下降, 团粒结构破坏并减少, 蓄水保肥能力下降, 肥效作用降低, 土壤严重酸化, 地力衰竭, 化肥农药残留增加, 多年连茬造成土传病害增多。因此, 在农业生产中应适量减少化肥的使用, 增加环保型肥料的用量, 使从土壤索取的同时减少对土壤的消极影响。

黄腐酸(Fulvic acid, FA)是一类植物生长调节剂, 是从天然腐殖质中提取的一种能溶于酸、碱和水的芳香族类物质, 容易被植物吸收, 生物活性较强, 能促进植株发育、提高生物酶活性和叶绿素含量, 提高光合效率, 对农作物具有增产、提质、增强抗逆的作用^[1,2], 已经在多种作物上得到了广泛应用^[3-6]。同时, 有关试验已经证明黄腐酸可减少植株叶片的蒸腾速率, 促进根系发育和增强根系活力而提高其抗旱能力^[7], 研究结果显示黄腐酸能促进连作马铃薯幼苗的生长发育, 提高块茎的淀粉、维生素 C 和可溶性蛋白含量^[8], 施用黄腐酸可以增加马铃薯产量, 提高商品薯率^[9,10], 增强植株的整体抗旱性^[11]。

在西北地区, 农作物增产主要依靠化肥, 大

量化肥的施用导致土壤板结, 土壤酸碱度失衡, 肥力降低, 生态系统破坏, 土传病害增多, 土壤污染增加。本试验旨在探索在西北旱作区, 环保型肥料黄腐酸作为底肥在马铃薯产量和品质上的应用效果, 以及在陇中旱作区适宜的黄腐酸施用量, 为旱作区马铃薯的增产抗旱提质及施肥技术提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

参试品种为‘新大坪’, 种薯级别为原种。在甘肃中部地区大面积种植, 定西市种植面积达到 1.33 万 hm², 高产稳产, 抗晚疫病, 综合性状表现突出, 为当地的主栽品种。

供试黄腐酸肥料为嘉有皇辅天黄腐酸生物有机肥(黄腐酸≥26%; 有机质≥40%; 巨大芽孢杆菌+胶冻样类芽孢杆菌≥0.2 亿/g), 来源于山东泉林嘉有肥料有限责任公司。

1.2 试验地概况

试验地位于定西市农业科学研究院育种基地内, 海拔 1 920 m, 年均辐射 592.9 kJ/cm², 年均气温 6.4 °C, ≥10 °C 积温 2 239.1 °C, 年降雨量 415.2 mm, 年蒸发量 1 530 mm, 土壤类型为黄绵土, 肥力状况如表 1 所示。

采用露地平作苗后起垄播种方式。播前整地施腐熟农家肥 4 000 kg/667m², 磷酸二胺 15 kg/667m²。

1.3 试验设计

试验于 2015~2016 年进行。2015 年 4 月 16 日播种, 9 月 25 日收获; 2016 年 4 月 22 日播种, 10

表1 定西试验地土壤基础营养物质(0~30 cm)

Table 1 Basic properties of soil in experimental field of Dingxi City (0~30 cm)

年 Year	有机质(g/kg) Organic matter	全氮(g/kg)To- tal N	速效氮(mg/kg) Available N	速效磷(mg/kg) Available P	速效钾(mg/kg) Available K	有效锌(mg/kg) Available Zn
2015	20.2	0.103	70.00	10.13	114.00	2.50
2016	19.5	0.102	68.20	10.08	112.00	2.50

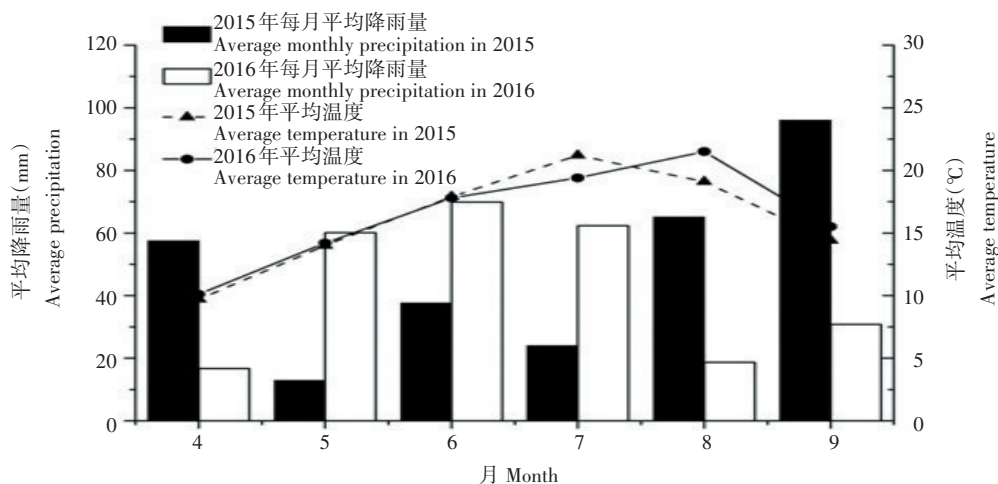


图1 2015~2016年马铃薯生育期内降雨量与温度情况

Figure 1 Precipitation and temperature during potato growth period for Dingxi City in 2015-2016

月2日收获。2015~2016年降雨量与平均温度如图1所示。试验采用随机区组排列, 5个处理, 3次重复, 种植行长5.6 m, 行距0.7 m, 每行20株, 株距0.28 m, 5行区, 每小区100株, 小区面积(3.5×5.6)19.6 m²。

试验共设5个处理。T1: 黄腐酸 10 kg/667m², T2: 黄腐酸 20 kg/667m², T3: 黄腐酸 30 kg/667m², T4: 黄腐酸 40 kg/667m², T5: 不施黄腐酸(CK)。

1.4 调查记载

生育期: 出苗期到成熟期的天数。

产量: 收获全部马铃薯薯块进行称重。在测产过程中进行单株块茎数、单株薯块重的记载, 取3次重复测量的平均值。

商品薯率: 收获时每小区的薯块进行大小分级, 分别进行称重计数, 最后计算商品薯率。一季作区单薯质量75 g(含)以上为商品薯。

淀粉含量测定: 采用蒽酮-硫酸法^[12]。

粗蛋白含量测定: 采用考马斯亮蓝法G—250

比色法^[13]。

还原糖含量测定: 菲林试剂滴定法^[14]。

维生素C含量测定: 碘化钾萃取分光光度法^[15]。

干物质含量测定: 恒温烘干法, 将植株用清水洗干净, 利用电子天平计算称量植株的鲜重, 然后放在105℃下烘2 h后, 在85℃下烘12 h后再称重。

叶绿素含量测定: 用打孔器在叶片的中间部分取一定的面积, 不包括叶脉, 使用丙酮浸提法进行测定^[16]。

叶绿素含量(mg/g) = [叶绿素的浓度 × 提取液体积 × 稀释倍数] / 样品鲜重(或干重)

叶面积指数: 采用打孔法, 根据打孔叶片面积的干重与叶片总干重折算整株植株叶面积。

叶面积指数(LAI) = 绿叶叶片总面积 / 土地面积

叶绿素含量与叶面积指数在马铃薯开花末期进行测定。所有调查记载的指标依据国家马铃薯品种性状观察和测量方法的评价标准^[17]。马铃薯

产量在收获时进行现场测产, 马铃薯品质在收获后 15 d 内测定完成。

1.5 数据分析

采用 Microsoft Excel 2003 对数据进行整理, 采用新复极差法对各处理马铃薯试验数据进行多重比较。用 Origin Pro 9.0 作图。

2 结果与分析

2.1 不同黄腐酸施用量对马铃薯产量、商品薯率和生育期的影响

从表 2 中可以看到, 施用黄腐酸肥料可以显著提高马铃薯产量和商品薯率, 2015 年的马铃薯产量和商品薯率数据总体上低于 2016 年, 主要原因在于 2015 年 6~7 月出现长时期旱情, 严重影响了马铃薯的块茎发育。2015 年, T1~T4 处理下马

铃薯产量, 商品薯率, 生育期显著高于 CK 处理 ($P < 0.05$), 产量, 商品薯率和生育期分别较 CK 提高 22.9%~62.0%, 16.4%~48.5% 和 4.0%~16.8%。其中 T3 与 T4 处理下产量, 商品薯率和生育期相对 CK 增长幅度较大, 但产量, 商品薯率和生育期两个处理之间差异不显著 ($P > 0.05$)。2016 年, T1~T4 处理马铃薯产量, 商品薯率, 生育期显著高于 CK 处理 ($P < 0.05$)。其中 T3 处理下, 马铃薯产量, 商品薯率, 生育期相比 CK 处理分别增长 76.6%, 59.2%, 15.2%, T4 处理下的产量, 商品薯率, 生育期相比 T3 处理增长幅度减小, 而且 T3 和 T4 处理二者间无显著差异 ($P > 0.05$)。2015~2016 年, 马铃薯产量, 商品薯率, 生育期在 T3 下均显著高于 CK 处理 ($P < 0.05$)。可见, 2 年马铃薯的增产效果以黄腐酸施用量为 30 kg/667m² 处理最佳。

表 2 不同黄腐酸施用量对马铃薯产量、商品薯率和生育期的影响

Table 2 Effects of different FA application rates on potato yield, marketable tuber percentage and growth duration

年 Year	处理 Treatment	产量(kg/19.6m ²) Yield	商品薯率(%) Marketable tuber percentage	生育期(d) Growth duration
2015	T1	53.24 ± 4.23 c	70.24 ± 5.68 b	105.00 ± 3.84 b
	T2	59.62 ± 5.14 b	74.36 ± 6.47 b	106.00 ± 6.63 b
	T3	68.98 ± 3.84 a	89.56 ± 9.56 a	117.00 ± 5.81 a
	T4	70.21 ± 3.47 a	88.13 ± 6.33 a	118.00 ± 4.82 a
	T5(CK)	43.33 ± 2.58 d	60.33 ± 7.42 c	101.00 ± 6.17 c
2016	T1	56.47 ± 3.81 c	72.43 ± 3.85 b	107.00 ± 4.33 b
	T2	65.60 ± 4.57 b	79.23 ± 5.61 b	112.00 ± 7.52 ab
	T3	75.27 ± 3.66 a	92.73 ± 9.07 a	121.00 ± 7.39 a
	T4	69.78 ± 3.37 a	87.13 ± 3.40 a	117.00 ± 10.41 a
	T5(CK)	42.63 ± 1.15 d	58.23 ± 4.61 c	105.00 ± 15.36 c

注: 数据为平均值 ± 标准差, 同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。下同。

Note: Data is average value ± SD. Means in the same column followed by different letter(s) are significant difference at 0.05 level. The same below.

2.2 不同黄腐酸施用量对马铃薯品质的影响

在表 3 中, 2015 年, 可以看到随着黄腐酸施用量的增加, 干物质、粗蛋白、维生素 C 和还原糖含量相比对照均有一定程度提升, 当黄腐酸施用量为 30 kg/667m² 时, 淀粉、干物质、维生素 C 和还原糖达到最大值。T1 与 T2 处理下淀粉、干物

质、维生素 C 和还原糖相比对照 CK 差异不显著 ($P > 0.05$), 粗蛋白与对照 CK 差异达到显著水平 ($P < 0.05$)。T3 处理下的淀粉、干物质、粗蛋白、维生素 C 和还原糖相比对照 CK 增加 16.7%、51.6%、40.5%、37.9% 和 23.5%, 除还原糖指标外, 其余指标相比对照 CK 差异达到显著水平

($P < 0.05$)。T4处理下淀粉、干物质、粗蛋白和维生素C相比对照CK差异显著($P < 0.05$)，还原糖指标相比对照CK差异不显著($P > 0.05$)。2016年，T1处理下的块茎品质除粗蛋白外，与对照差异不显著；T2处理下，除还原糖指标外，块茎品质相比对照CK差异达到显著水平($P < 0.05$)。T3

处理下的淀粉、干物质、粗蛋白、维生素C和还原糖含量最高，相比对照CK增加32.5%、56.0%、68.3%、28.0%和16.7%，除还原糖外，其余指标与对照CK差异达到显著水平($P < 0.05$)。T4处理下的品质指标除还原糖外，相比对照CK差异亦达到显著水平($P < 0.05$)。

表3 不同黄腐酸施用量对马铃薯淀粉，干物质，粗蛋白，维生素C和还原糖含量的影响
Table 3 Effects of different FA application rates on contents of starch, dry matter, crude protein, vitamin C and reducing sugar of potato

年 Year	处理 Treatment	淀粉(%) Starch	干物质(%) Dry matter	粗蛋白(%) Crude protein	维生素C(mg/100g) Vita- min C	还原糖(%) Reducing sugar
2015	T1	16.62 ± 1.22 c	21.22 ± 2.35 c	1.89 ± 0.07 b	13.80 ± 2.09 c	0.18 ± 0.01 a
	T2	17.52 ± 1.23 bc	23.36 ± 0.62 c	1.95 ± 0.02 b	13.00 ± 2.36 c	0.19 ± 0.05 a
	T3	19.67 ± 1.54 b	29.45 ± 1.54 ab	2.22 ± 0.02 a	17.10 ± 2.53 a	0.21 ± 0.03 a
	T4	19.21 ± 0.99 b	28.84 ± 2.68 ab	2.23 ± 0.04 a	16.40 ± 2.75 b	0.20 ± 0.02 a
	T5(CK)	16.86 ± 0.32 c	19.42 ± 1.57 c	1.58 ± 0.03 c	12.40 ± 2.64 c	0.17 ± 0.02 a
2016	T1	17.63 ± 0.40 bc	21.30 ± 2.26 c	2.06 ± 0.08 b	14.03 ± 2.31 c	0.19 ± 0.02 a
	T2	19.20 ± 0.30 b	28.13 ± 0.58 b	2.16 ± 0.02 b	15.40 ± 1.52 b	0.19 ± 0.02 a
	T3	21.77 ± 0.81 a	31.77 ± 0.65 a	2.44 ± 0.02 a	16.90 ± 2.11 a	0.21 ± 0.03 a
	T4	19.20 ± 1.76 b	27.07 ± 0.31 b	2.25 ± 0.11 a	15.80 ± 1.39 b	0.20 ± 0.01 a
	T5(CK)	16.43 ± 0.47 c	20.37 ± 2.15 c	1.45 ± 0.18 c	13.20 ± 2.42 c	0.18 ± 0.01 a

表4 不同黄腐酸施用量对马铃薯叶绿素和叶面积指数的影响
Table 4 Effects of different FA application rates on chlorophyll contents and leaf area indexes of potato

年 Year	处理 Treatment	叶绿素含量(mg/g FW) Chlorophyll content	叶面积指数 Leaf area index
2015	T1	2.04 ± 0.21 b	2.14 ± 0.06 c
	T2	2.06 ± 0.08 b	2.33 ± 0.01 c
	T3	2.32 ± 0.24 a	2.89 ± 0.24 a
	T4	2.29 ± 0.11 a	3.17 ± 0.32 a
	T5(CK)	1.85 ± 0.09 c	1.94 ± 0.27 d
2016	T1	2.08 ± 0.05 b	2.23 ± 0.06 c
	T2	2.26 ± 0.03 ab	2.70 ± 0.11 b
	T3	2.47 ± 0.02 a	3.15 ± 0.26 a
	T4	2.44 ± 0.04 a	3.34 ± 0.15 a
	T5(CK)	1.86 ± 0.07 c	1.87 ± 0.25 d

2.3 不同黄腐酸施用量对马铃薯叶绿素和叶面积指数的影响

如表4所示, 黄腐酸能够有效提高马铃薯叶片的叶绿素含量和叶面积指数。2015年, T1~T4处理下叶绿素含量, 叶面积指数相比对照提高10.3%~25.4%, 10.3%~63.4%, 而且与对照CK差异显著($P < 0.05$)。2016年, T1~T4处理下叶绿素含量, 叶面积指数相比对照提高11.8%~32.8%, 19.3%~78.6%, 与对照CK差异显著($P < 0.05$)。2015~2016年, T3处理下的叶绿素含量分别为2.32 mg/g FW与2.47 mg/g FW, 相比对照CK增长幅度分别为25.4%与32.8%, 而且差异达到显著水平($P < 0.05$), T4处理下的叶面积指数较高, 分别为3.17、3.34, 相比对照CK增长63.4%与78.6%。

3 讨 论

本研究主要针对基施黄腐酸对马铃薯的产量, 块茎品质, 叶片叶绿素, 叶面积指数等进行试验分析, 由于本试验地在2015~2016年连续2年种植马铃薯, 所以连作可能对马铃薯的产量及相关品质产生一定影响, 但是在本研究结果中, 通过黄腐酸的施用研究表明, 在黄腐酸施用量为30 kg/667m²时, 相对对照处理能够显著提高马铃薯产量、商品薯率、块茎淀粉、干物质、维生素C和粗蛋白含量, 增加叶片叶绿素含量和叶面积指数, 促进连作马铃薯的生长发育, 改善马铃薯块茎营养, 但黄腐酸的施用对马铃薯块茎还原糖含量变化影响不显著, 这与回振龙等^[8]的研究结果是一致的。当黄腐酸施用量为40 kg/667m²时, 相对对照处理能够显著提高马铃薯产量, 改善品质, 增强抗逆性, 但是T4处理与T3处理的效果差异性不显著($P < 0.05$), 甚至在马铃薯块茎干物质、维生素C、淀粉含量中出现数值下降现象, 所以为了更好的体现黄腐酸的应用效果, 选择30 kg/667m²为马铃薯的最佳黄腐酸施用量。

马铃薯对土壤肥力要求高, 但是由于长期过量施用化肥, 使得农田耕作层土壤有机质含量下降, 土壤板结, 地力衰竭。在本试验中, 播前各试验小区基施腐熟农家肥及磷酸二胺, 不施入尿素, 硫酸钾, 过磷酸钙以及各种复合肥等肥料,

基施黄腐酸生物有机肥, 试验结果表明, 黄腐酸能够有效增加马铃薯产量, 提高商品薯率, 改善品质, 黄腐酸肥料的合理施入能有效缓解土壤板结污染现象的出现, 在产量不受影响的情况下可减少化学肥料的投入, 增加环保型肥料的用量, 改善土壤理化性质, 保持土地资源的可持续性。

叶面积指数(LAI)是反映作物群体大小与生长状况的动态指标。在田间试验中, 叶面积指数大小直接与最终产量高低密切相关。在本试验中, 2015~2016年T3处理下马铃薯叶面积指数分别达到2.89和3.15, 随着黄腐酸施用浓度增加到40 kg/667m²时, 马铃薯的叶面积指数分别为3.17与3.34, 黄腐酸有机肥的施用增加马铃薯叶面积指数, 但是当叶面积指数增加到一定的限度后, 植株长势茂密, 田间郁闭, 光照不足, 光合效率减弱, 产量反而下降, 这与表2中的产量变化结果是一致的。

有关研究^[18,19]进行了腐殖酸对土壤团聚体、酶和养分的影响试验, 结果表明腐殖酸能够改良土壤结构, 增强土壤酶活性, 提高土壤养分。相关试验^[20-22]提到黄腐酸能够提高植物的抗旱能力, 缩小气孔开张度, 减少水分蒸腾, 抑制作物蒸腾, 使土壤水分消耗速度减慢, 土壤含水量相应提高。在本试验中, 主要针对基施黄腐酸对马铃薯产量和品质影响进行了相关分析, 未对施用黄腐酸后的土壤理化性质, 土壤微生物菌落, 马铃薯叶片气孔以及根系变化, 根系分泌物等进行分析检测, 在以后的试验中会继续进行相关方面的研究。

[参 考 文 献]

- [1] 王天立. 黄腐酸在农业上的应用[J]. 腐植酸, 1992(1): 14-36.
- [2] 卢林纲. 黄腐酸及其在农业上的应用[J]. 现代化农业, 2001(5): 9-10.
- [3] 周莉娜, 孙丽蓉, 毛晖. 黄腐酸抗旱营养剂对小麦和玉米生长的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2012, 30(1): 154-158.
- [4] 韩玉国, 任树梅, 李云开. 黄腐酸(FA)旱地龙在苹果节水生产中的应用效果研究[J]. 农业工程学报, 2004, 20(6): 93-97.
- [5] 回振龙, 李自龙, 刘文瑜, 等. 黄腐酸浸种对PEG模拟干旱胁迫下紫花苜蓿种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 西北植物学报, 2013, 33(8): 1621-1629.

- [6] 梁强, 叶燕萍, 桂杰, 等. 喷施黄腐酸对干旱胁迫下甘蔗苗期叶绿素荧光参数及丙二醛的影响 [J]. 广西植物, 2009, 29(4): 527-532.
- [7] 韩玉竹, 李阳春, 刘晓静. 黄腐酸对紫花苜蓿种子活力的影响 [J]. 种子, 2009, 28(7): 50-52.
- [8] 回振龙, 李朝周, 史文煊. 黄腐酸改善连作马铃薯生长发育及抗性生理的研究 [J]. 草业学报, 2013, 22(4): 130-136.
- [9] 赵永峰, 吴林科, 周皓蕾. 黄腐酸在马铃薯上的应用效果初报 [J]. 甘肃农业科技, 2002(5): 41-42.
- [10] 王官茂, 杨茂峰, 李志燕. 黄腐酸对马铃薯产量和商品薯率的影响 [J]. 中国马铃薯, 2016, 30(1): 25-30.
- [11] 邱孟柯, 回振龙, 黄晓鹏. 黄腐酸对雾培马铃薯幼苗抗旱性的影响 [J]. 干旱地区农业研究, 2013, 31(3): 155-161.
- [12] 张宪政. 作物生理研究法 [M]. 北京: 农业出版社, 1992.
- [13] 郝建军, 康宗利, 于洋. 植物生理学实验技术 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2007.
- [14] 曹建康, 姜微波, 赵玉梅. 果蔬采后生理生化实验指导 [M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2007.
- [15] 李向荣, 方晓. 果蔬与饮品中 Vc 的碘化钾萃取分光光度测定 [J]. 浙江农业大学学报, 1994, 20(5): 522-524.
- [16] 张志良, 瞿伟菁, 李小方. 植物生理学实验指导 [M]. 4版. 北京: 高等教育出版社, 2009.
- [17] 中华人民共和国农业部. NY/T 1489-2007 农作物品种试验技术规程马铃薯 [S]. 北京: 中国农业出版社, 2008.
- [18] 庞庆阳, 宣毓龙, 蔡旭, 等. 棉粕腐植酸肥对土壤团聚体、酶及养分的影响 [J]. 干旱地区农业研究, 2017, 35(4): 54-60.
- [19] 彭正萍, 门明新, 薛世川, 等. 腐植酸复合肥料对土壤养分转化和土壤酶活性的影响 [J]. 河北农业大学学报, 2005, 28(4): 1-4.
- [20] 马瑞昆, 贾秀领. 黄腐酸对小麦的生理作用及在节水栽培上的应用 [J]. 腐植酸, 1995(3): 17-25.
- [21] 边文骅, 边志立. 发酵黄腐酸对植物叶片气孔开张度的影响 [J]. 河北师范大学学报: 自然科学版, 1997(3): 311-313.
- [22] 马志军, 杨旭升, 郭春景. 腐植酸生物活性影响植物根系发育的研究 [J]. 腐植酸, 2004(1): 16-20.

2018年优秀论文评选结果

为鼓励青年积极从事马铃薯研究, 踊跃投稿《中国马铃薯》杂志和《中国马铃薯大会》论文集, 中国作物学会马铃薯专业委员会授权《中国马铃薯》杂志编辑部, 组织相关专家进行优秀论文评选活动。评选对象是具有中级职称或以下的研究人员以及研究生。评选范围是2018年发表在《中国马铃薯》杂志和《马铃薯产业与脱贫攻坚》一书中的研究性论文(这里不包括综述, 产业开发和品种介绍)。最终评出优秀论文12篇, 其中一等奖2篇, 二等奖4篇, 三等奖6篇。排名不分先后。

一等奖:

- (1) 马铃薯青枯菌Ⅲ型分泌系统效应蛋白的分泌性鉴定—黄萌姝等
- (2) 滴灌条件下高产马铃薯植株——土壤系统钾素平衡的研究—贾立国等

二等奖:

- (1) 干旱胁迫及复水对冬马铃薯苗期光合特性的影响—尹智宇等
- (2) 生物菌肥对有机种植马铃薯生长和产量的影响—陈丽丽等
- (3) 马铃薯种质资源块茎晚疫病抗性鉴定—敖翔等
- (4) 内蒙古自治区马铃薯黑痣病原菌(菌核)存活力及地下侵染研究—王晓娇等

三等奖:

- (1) 马铃薯耐热结薯资源初步筛选—张玉婷等
- (2) 紫色马铃薯馒头加工工艺的优化—刘振宇等
- (3) LED光源不同光质对马铃薯试管苗生长的影响—姜丽丽等
- (4) 微肥对马铃薯产量、品质、薯皮超微结构及块茎耐贮性的影响—刘羽等
- (5) 马铃薯晚疫病生防菌S20170701的分离和鉴定—李科迪等
- (6) 氮、钾肥对“希森6号”微型薯产量的影响—冯玉钿等

为表彰他们在马铃薯研究中所做出的努力, 中国作物学会马铃薯专业委员会决定奖励一等奖获得者3000元, 二等奖获得者2000元, 三等奖获得者1000元, 并颁发证书, 以资鼓励。

中国作物学会马铃薯专业委员会