

砷污染土壤中施用黄腐酸对烤烟(*Nicotiana tabacum* L.) 氮代谢的影响

常思敏¹ 韦凤杰² 郑宪彬³ 马新明^{4*}

(1. 河南农业大学学报编辑部, 郑州 450002; 2. 河南中烟工业公司, 郑州 450000;
3. 中国烟草总公司 郑州职工技术培训中心, 郑州 450011; 4. 河南农业大学 信息与管理科学学院, 郑州 450002)

摘要 采用盆栽试验, 研究砷污染土壤中施用黄腐酸(FA)对烤烟氮代谢及其过程的影响。结果表明, 与砷污染土壤相比, 施用黄腐酸提高了烤烟的硝酸还原酶(NR)活性, 降低了谷氨酰胺合成酶(GS)活性, 改善了 NO_3^- -N的同化能力, 抑制了 NH_4^+ -N的同化。不同FA施用量对氮转化代谢的影响不同, 在团棵期, 虽然黄腐酸的施用提高了谷氨酸-丙酮酸转氨酶(GPT)活性, 但随着生育进程的推进, 适量的黄腐酸最终能抑制氮转化代谢的旺盛问题, 使谷氨酸-丙酮酸转氨酶(GPT)、天冬酰胺酶(ASG)活性和游离氨基酸含量降低。砷污染土壤中施用黄腐酸还可降低烤烟团棵期的蛋白质含量, 提高现蕾以后的蛋白质含量和全生育期的烟碱含量。本试验条件下, 以土壤中施用600 mg/kg的FA对减轻砷毒害效果最好。

关键词 烤烟; 黄腐酸; 砷; 代谢

中图分类号 S 572; Q 945

文章编号 1007-4333(2010)06-0059-06

文献标志码 A

Effect on nitrogen metabolism of flue-cured tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) in fulvic acid applied to arsenic-contaminated soil

CHANG Si-min¹, WEI Feng-jie², ZHENG Xian-bin³, MA Xin-ming^{4*}

(1. Editorial Board of Journal of Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China;

2. China Tobacco Henan Industrial Corporation, Zhengzhou 450000, China;

3. China Tobacco Training Center for Professional Technical, Zhengzhou 450011, China;

4. College of Information and Management Science, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract A systematic experiment was conducted on the farm of Henan Agricultural University, Zhengzhou, China. Using Yunyan 85 planted in 400 mm × 340 mm plastic pots, treatments were laid out with 5 levels of 0 (CK), 200, 400, 600 and 800 mg/kg (added as fulvic acid) in soil with 50 mg/kg sodium arsenate ($\text{Na}_3\text{AsO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$), respectively, to determine the effect on nitrogen metabolism of flue-cured tobacco in fulvic acid applied to arsenic-contaminated soil. The results showed that different contents of fulvic acid had different effects on nitrogen metabolism of flue-cured tobacco. Although activity of glutamate-pyruvate transaminase (GPT) was increased in fulvic acid applied to arsenic-contaminated soil in the rosette stage, but finally improved NO_3^- -N assimilation and inhibited NH_4^+ -N assimilation. Reasonable content of fulvic acid decreased in free amino acids content, and in activity of glutamate-pyruvate transaminase (GPT) and asparaginase (ASG), which finally improved transformation of nitrogen of flue-cured tobacco. Fulvic acid increased protein content after budding stage and nicotine content during the whole growing period, but decreased protein content at rosette stage. The best treatment in this experiment was that applied 600 mg/kg of fulvic acid to arsenic-contaminated soil.

Key words flue-cured tobacco; fulvic acid; arsenic; metabolism

收稿日期: 2010-03-08

基金项目: 国家烟草专卖局科技攻关项目(110200201005)

第一作者: 常思敏, 副编审, 博士, 主要从事科技编辑学和作物生理生态学研究, E-mail: chsmw@sohu.com

通讯作者: 马新明, 教授, 博士, 主要从事精准农业和作物生理生态学研究, E-mail: xinmingma@371.com

腐殖酸是一类复杂的、无定形的高分子有机酸混合物,含有酚羟基、羧基、醇羟基和巯基等活性基团,这些活性基团可以通过不同方式与金属离子络合和螯合^[1-2]。砷(As)是土壤中最严重的污染物之一,腐殖酸对砷的吸附也有一些研究。前人^[3]研究表明,腐殖酸与砷的结合物相当稳定。有研究^[4-5]认为,若 pH 大于 5,含腐殖酸的高岭土吸附砷(V)的量大于不含腐殖酸的高岭土。但 Grafe 等^[6]研究认为,在酸性条件下,腐殖酸和黄腐酸能降低针铁矿对砷的吸附。这些研究成果为减轻砷污染土壤中砷的含量,进而减轻土壤中的砷对作物的毒害提供了理论依据。同时,黄腐酸是一种植物抗旱剂^[7],能够促进植物生长发育,提高其抗逆性和免疫力,改善植物产品品质,增产效果显著^[8]。

烤烟是重要的经济作物,也是对砷毒害较为敏感的作物。盆栽条件下,受砷毒害的烤烟生长受阻,品质降低,造成烤烟减产 10% 的土壤砷含量阈值为 16.98 mg/kg^[9]。砷对烤烟氮代谢也具有显著影响,抑制 NO₃⁻-N 的同化^[10-11],使 NH₄⁺-N 的同化和氮的转化代谢旺盛,并引起有机氮合成紊乱^[10]。为了验证腐殖酸对土壤中砷的吸附,进而减轻砷对作物毒害的可能性,以腐殖酸中活性基团含量高、生理活性大、与金属离子络合能力强的黄腐酸为材料^[11,12],研究土壤中砷与黄腐酸相互作用条件下烤烟的氮代谢情况,旨在探讨砷污染土壤中施用黄腐酸对烤烟的减害效应及其氮代谢的生理机制,为探索减轻土壤砷污染程度的有效途径提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料及试验设计

供试烤烟品种为云烟 85(河南农业大学烟草学院赠送)。采用 400 mm×340 mm 的聚乙烯花盆在河南农业大学科教园区进行盆栽试验。供试土壤为壤质潮土,耕层有机质 8.50 g/kg,全氮 0.89 g/kg,速效氮 65.46 mg/kg,速效磷 24.42 mg/kg,速效钾 108.00 mg/kg, pH 7.8,全砷 7.188 mg/kg。以 99%(质量分数, w)(NH₄)₂SO₄、99%(w)KNO₃ 和 99.5%(w)KH₂PO₄ 作基肥,施肥量为纯氮 0.2 g/kg,氮磷钾施用比例为 m(N):m(P₂O₅):m(K₂O)=1:1.5:3。以质量分数 95% 的黄腐酸(FA,河南昌盛实业有限公司提供。)为土壤施用剂,设置添加量为 0(CK)、200(FA 200)、400(FA 400)、600(FA 600)和 800(FA 800) mg/kg 的 5 个处理;以砷酸钠

(Na₃AsO₄·12 H₂O)(北京化学试剂厂生产)为污染源,各处理均加入纯砷 50 mg/kg^[7]。

采用基质(V(草炭):V(蛭石):V(珍珠岩))=2:1:1)穴盘育苗。05-08 移栽入盆,每盆 1 株,每处理 15 盆,完全随机排列。管理措施同大田。

1.2 测定项目及方法

硝酸还原酶(NR)活性测定用活体法^[13],酶活性以每 h 每 g 鲜重产生氮的 μg 数表示,即 μg/(g·h)。谷氨酰胺合成酶(GS)活性的测定参考 Larios 等^[14]和黄维南等^[15]的方法,酶活性用 540 nm 处每 min 每 g 可溶性蛋白质吸光值的大小表示,即 OD/(g·min)。蛋白质含量的测定采用紫外吸收法^[16]。谷氨酸-丙酮酸转氨酶(GPT)活性测定用比色法,粗酶液的提取参照吴良欢介绍的方法^[17],比色测定参考黄维南^[15]的方法,酶活性以每 min 每 g 鲜质量产生丙酮的 μmol 量表示,即 μmol/(g·min)。天冬酰胺酶(Asparaginase, ASG)活性测定采用黄维南介绍的方法^[15],酶活性以每 min 每 g 鲜质量产生铵的 μmol 量表示,即 μmol/(g·min)。游离氨基酸含量测定用印三酮法^[13],烟碱含量测定用活性碳提取脱色法^[18]。

1.3 取样时期

各生理指标于团棵期、现蕾期和采收期(中部叶采收期,下同)测定。选取各处理生长一致的 3 棵烟株相同叶位的叶片,用蒸馏水洗净后,一部分鲜样测定 NR、GS、GPT 和 ASG 活性,游离氨基酸含量和可溶性蛋白质含量,另一部分在烘箱中于 105 ℃ 条件下杀青 20 min,然后在 80 ℃ 条件下烘干至恒重,用于测定烟碱含量。

1.4 统计方法

以处理为主区,测定的生育时期为副区,运用 Excel 对数据进行时间裂区设计方差分析,多重比较采用 Duncan 新复极差测验法。

2 结果与分析

2.1 砷污染土壤中施用黄腐酸对烤烟氮同化的影响

硝酸还原酶(NR)是烤烟同化 NO₃⁻-N 过程中一个关键的调节酶和限速酶^[19]。砷污染土壤中施用 FA 能提高烤烟的 NR 活性(表 1),从表 1 可以看出,FA 处理在 3 个生育时期的 NR 活性都高于 CK,而且均以 FA 600 处理的 NR 活性最高,与 CK 的差异达到了极显著水平。说明砷污染土壤中施用

FA 可以提高烤烟的 NO_3^- -N 同化能力,但需要最佳的施用量。

谷氨酰胺合成酶(GS)是烤烟铵同化的关键酶。砷污染土壤中施用 FA 能降低烤烟的 GS 活性(表 1),FA 处理与 CK 相比,3 个生育时期的 GS 活性都低于相应的 CK,差异达到了显著或极显著水平,FA

200~FA 600 的 GS 活性随土壤中 FA 含量的增加而依次降低,但 FA 800 与 FA 600 相比,GS 活性又都显著提高。这说明砷污染土壤中施用 FA 能降低烤烟的 NH_4^+ -N 同化能力,与 NR 活性一样,FA 对 NH_4^+ -N 的同化影响有一个适量问题,也以 FA 600 的效果最明显。

表 1 砷污染土壤中施用 FA 对烤烟 NR 活性和 GS 活性的影响

Table 1 Effects on activity of NR and GS of flue-cured tobacco in fulvic acid applied to arsenic-contaminated soil

处 理	NR 活性(FW)/($\mu\text{g}/(\text{g} \cdot \text{h})$)			GS 活性/(OD /($\text{g} \cdot \text{min}$))		
	团棵期	现蕾期	采收期	团棵期	现蕾期	采收期
As 50(CK)	0.780 bB	0.751 cB	0.612 cB	16.900 aA	12.713 a	22.952 aA
FA 200	0.785 bB	1.263 bB	1.119 bAB	13.443 cBC	11.117 a	14.426 cC
FA 400	1.236 aAB	1.088 bcB	0.670 cAB	12.955 cBC	10.711 b	12.783 dC
FA 600	1.367 aA	2.257 aA	1.169 aA	12.670 cC	10.588 b	12.527 dC
FA 800	1.159 aAB	1.225 bB	1.150 abA	15.101 bAB	12.559 a	20.302 bB

注:同列中小写字母表示 0.05 的差异显著性水平,大写字母表示 0.01 的差异显著性水平;字母相同者,表示处理间差异不显著。下表同。

2.2 砷污染土壤中施用黄腐酸对烤烟氮转化的影响

2.2.1 对烤烟中谷氨酸-丙酮酸转氨酶(GPT)活性和天冬酰胺酶(ASG)活性的影响

砷污染土壤中施用 FA 提高烤烟团棵期的 GPT 活性,而降低现蕾期和采收期的活性(表 2),由表 2 可见,团棵期 FA 处理的 GPT 活性都高于 CK,但与 CK 的差异不显著,而且 FA 600 的提高量最小,现蕾期和采收期的 GPT 活性却低于相应的 CK,也以 FA 600 的为最低,与 CK 的差异显著。说明 FA 能刺激砷毒害烤烟团棵期的 GPT 活性,但不太明显,至生育中、后期,能抑制其活性,而且 3 个生

育时期均以 FA 600 表现突出。

砷污染土壤中施用 FA 能降低烤烟的天冬酰胺酶(ASG)活性(表 2)。从表 2 可以看出,除采收期 FA 800 的 ASG 活性与 CK 一样外,FA 处理在 3 个生育时期的 ASG 活性都低于 CK,均以 FA 600 为最低,与相应 CK 的差异达到了显著水平。与常思敏等^[10]关于砷对烤烟氮代谢影响结果对比,说明砷污染土壤中施用 FA 可以抑制烤烟因砷毒害造成的氮转化旺盛问题,也降低了烤烟体内氨的积累,从而减轻了砷对烤烟的毒害。

表 2 砷污染土壤中施用 FA 对烤烟 GPT 活性和 ASG 活性的影响

Table 2 Effects on activity of GPT and ASG of flue-cured tobacco in fulvic acid applied to arsenic-contaminated soil

处 理	GPT 活性			ASG 活性		
	团棵期	现蕾期	采收期	团棵期	现蕾期	采收期
As 50(CK)	0.0367 NS	0.0268 a	0.0406 aA	0.189 aA	0.184 aA	0.186 aA
FA 200	0.0400 NS	0.0219 ab	0.0299 abAB	0.177 bB	0.183 abA	0.180 bB
FA 400	0.0468 NS	0.0175 ab	0.0295 bAB	0.177 bB	0.181 bA	0.181 bB
FA 600	0.0374 NS	0.0142 b	0.0227 bB	0.176 bB	0.179 cB	0.179 bB
FA 800	0.0389 NS	0.0205 ab	0.0322 abAB	0.177 bB	0.179 cB	0.186 aA

注:NS 表示处理间差异不显著。下表同。

2.2.2 对烤烟游离氨基酸含量的影响

砷污染土壤中施用 FA 能降低烤烟全生育期的游离氨基酸含量(表 3),从表 3 可以看出,FA 处理在 3 个生育时期的游离氨基酸含量均低于相应的 CK,以团棵期的降低为最明显,现蕾期和采收期与 CK 的差异不显著。除团棵期 FA 600 的游离氨基酸含量高于 FA 800,但差异不显著外,其他时期以 FA 600 的降低效果为最大。游离氨基酸含量的降低也说明砷污染土壤中施用 FA 可以抑制砷毒害烤烟的氮转化代谢,进而为 FA 抑制砷对烤烟的毒害

表 3 砷污染土壤中施用 FA 对烤烟游离氨基酸质量分数的影响

Table 3 Effects on free amino acid content of flue-cured tobacco in fulvic acid applied to arsenic-contaminated soil

处理	mg/g		
	团棵期	现蕾期	采收期
As50(CK)	95.056 aA	91.181 NS	97.211 NS
FA 200	91.672 bcB	89.261 NS	96.796 NS
FA 400	93.246 abAB	89.171 NS	96.527 NS
FA 600	90.698 bcB	88.329 NS	95.263 NS
FA 800	90.214 cB	89.814 NS	96.548 NS

表 4 砷污染土壤中施用 FA 对烤烟可溶性蛋白质和烟碱含量的影响

Table 4 Effects on content of protein and nicotine of flue-cured tobacco in fulvic acid applied to arsenic-contaminated soil

处理	蛋白质质量分数(FW)/(mg/g)			烟碱质量分数(DW)/(g/kg)		
	团棵期	现蕾期	采收期	团棵期	现蕾期	采收期
As50(CK)	87.111 aA	106.357 bB	105.051 bB	0.018 NS	0.011 dD	0.027 dD
FA200	87.265 aA	106.816 bB	105.904 aA	0.018 NS	0.027 aA	0.041 aA
FA400	86.890 abAB	105.503cC	105.908 aA	0.017 NS	0.022 bB	0.024 eD
FA600	86.509 bB	107.613 aA	105.828 aA	0.019 NS	0.023 bB	0.036 bB
FA800	86.967 abAB	106.566 bB	105.233 bAB	0.019 NS	0.017 cC	0.030 cC

(表 4),表 4 显示,除团棵期 FA 200 和 FA 400 的烟碱含量接近于或稍低于 CK 外,FA 处理在 3 个生育时期的烟碱含量高于相应的 CK,团棵期的影响不明显,现蕾期和采收期的影响非常显著,与 CK 的差异都达到了极显著水平。

蛋白质含量和烟碱含量的提高表明,砷污染土壤中施用 FA 对烤烟的有机氮合成有促进作用。虽然 FA 也使蛋白质含量提高,但烟碱含量的提高也能说明 FA 在有机氮合成方面具有减轻烤烟砷毒害的作用。

又提供了证据。

砷污染土壤中施用 FA 对烤烟 GPT 活性、ASG 活性和游离氨基酸含量的影响说明,虽然砷污染土壤中施用 FA 对团棵期的 GPT 活性稍有刺激作用,但抑制砷毒害烤烟的氮转化和减轻砷对烤烟的毒害作用是可以肯定的,且以 FA 600 处理表现最优。

2.3 砷污染土壤中施用黄腐酸对烤烟有机氮合成的影响

蛋白质和烟碱是烤烟有机氮合成中的 2 个重要生理指标。砷污染土壤中施用 FA 对烤烟蛋白质含量的影响与砷对烤烟蛋白质含量的影响基本一致(表 4),由表 4 可知,除团棵期 FA200 的蛋白质含量稍高于 CK 外,FA 降低了砷毒害烤烟团棵期的蛋白质含量,以 FA 600 降低最为明显,其与 CK 的差异达到了极显著水平。FA 处理在现蕾期和采收期的蛋白质含量高于 CK(FA 400 除外)。从砷污染土壤中施用 FA 对烤烟的蛋白质含量的影响和常思敏等^[10]关于砷对烤烟氮合成的研究结果看,FA 并不能改变砷对烤烟蛋白质含量的影响,同样也增加了蛋白质的合成。

砷污染土壤中施用 FA 能提高烤烟的烟碱含量

3 结论与讨论

1)重金属对作物的毒害机理相同,有研究表明^[20-21],镉(Cd)污染能降低蚕豆(*Phaseolus vulgaris* L. cv. *Morgane*)和番茄(*Lycopersicon esculentum*)幼苗 NR 活性,而且 Cd 提高蚕豆和番茄幼苗 NH_4^+ -N 同化的另一个关键酶——谷氨酸脱氢酶(glutamate dehydrogenase, GDH)活性。本研究对砷污染土壤中施用 FA 影响烤烟氮同化的结果表明,FA 提高了烤烟全生育期的 NR 活性,降低了

其GS活性。与常思敏对砷影响烤烟氮同化的研究结果相反,即砷抑制烤烟对 NO_3^- -N的同化能力,提高对 NH_4^+ -N的同化能力^[10]。由此可得出,砷污染土壤中施用FA能提高烤烟 NO_3^- -N的同化能力,降低其 NH_4^+ -N的同化能力,从而减轻了土壤砷污染对烤烟氮同化的毒害。

2)GS等酶类把植物体内的 NH_4^+ -N循环同化为谷氨酰胺和谷氨酸后,由GPT等转氨酶类转化为其他氨基酸^[22]。氨基酸是合成蛋白质的主要原料,也是蛋白质降解的主要产物,是反映氮转化的主要指标。天冬酰胺酶(ASG)催化天冬酰胺水解生成天冬氨酸和氨,其活性的变化一方面反映氮转化代谢的状况,另一方面生成氨的多少与烤烟在逆境条件下遭受氨中毒的程度呈正比。本研究选用GPT活性、ASG活性和游离氨基酸含量作为考察砷污染土壤中施用FA对烤烟氮转化代谢影响的生理指标,结果表明,除团棵期的FA处理稍微刺激砷毒害烤烟的GPT活性外,FA降低了现蕾以后的GPT活性、全生育期的ASG活性和游离氨基酸的积累。根据Chaffei等^[20],Goui等^[21]对Cd提高蚕豆和番茄幼苗氨基酸含量的结果,以及常思敏对砷使烤烟氮转化代谢旺盛的研究结果^[10-11],可以推断砷污染土壤中施用FA可抑制烤烟因砷毒害产生的氮转化旺盛问题,减轻了砷对烤烟氮转化方面的毒害。

3)本研究的结果还表明,砷污染土壤中施用FA可促进砷毒害烤烟的有机氮合成能力。FA降低烤烟团棵期的蛋白质含量,提高现蕾以后的蛋白质含量,这一点与砷对烤烟蛋白质含量的影响一致^[10-11],其中原因有待于进一步研究,但全生育期烟碱含量的提高也能表明,砷污染土壤中施用FA有减轻砷毒害烤烟有机氮合成方面的毒害作用。

4)本研究是在常思敏等^[10-11]关于砷对烤烟氮代谢研究基础上,探讨砷污染土壤中施用FA,通过FA对土壤中砷的络合,减少烤烟对砷的吸附,减轻砷对烤烟氮代谢的影响。从本研究对氮代谢各生理指标的表现看,以土壤中施用600 mg/kg的FA对减轻砷毒害效果最好。说明FA减轻砷对烤烟毒害有一个适量性问题。这一结论也可从砷污染土壤中施用FA对烤烟农艺性状、产量和品质,以及对碳代谢影响的结果(将另文发表)中得到验证。

4 结 论

本研究结果表明,砷污染土壤中施用黄腐酸可

改善烤烟 NO_3^- -N的同化能力,抑制 NH_4^+ -N的同化。虽然黄腐酸的施用提高了烤烟团棵期谷氨酸—丙酮酸转氨酶(GPT)活性,但适量的黄腐酸总体上能抑制氮转化的旺盛问题。砷污染土壤中施用黄腐酸还可提高烤烟的烟碱含量和现蕾以后的蛋白质含量。盆栽条件下,若土壤中含有50 mg/kg的砷,以施用600 mg/kg的FA效果最好。对于土壤中含有其他剂量的砷对烤烟的影响还需要进一步研究。

参 考 文 献

- [1] 赵励军,张辉. 硫酸铝对黄腐酸絮凝作用的研究[J]. 化学工程师,2004,106(11):63-66
- [2] 吴宝华. 硫酸铝絮凝黄腐酸条件的研究[J]. 化学工程师,2004,106(7):54-55
- [3] Mukhopadhyay D, Sanyal S K. Complexation and release isotherm of arsenic in arsenic-humic/fulvic equilibrium study [J]. Australian Journal of Soil Research,2004,42(7):815-824
- [4] Cormu S, Breeze D, Saada A, et al. The influence of pH, electrolyte type, and surface coating on arsenic (V) adsorption onto kaolinites[J]. Soil Science Society of America Journal,2003 67(4):1127
- [5] Saada A, Breeze D, Crouzet C, et al. Adsorption of arsenic(V) on kaolinite and on kaolinite-humic acid complexes: role of humic acid nitrogen groups [J]. Chemosphere,2003,51(8):757-763
- [6] Grafe M, Eick M J, Grossl P K. Adsorption of arsenic (V) and arsenic(III) on goethite in the presence and absence of dissolved organic carbon [J]. Soil Science Society of America Journal,2001,65(6):1680-1687
- [7] 薛测产. 黄腐酸抗旱龙不同处理对冬小麦抗逆性影响的研究[J]. 腐植酸,2005(5):35-38
- [8] 袁瑞江,姚银娟,王丽乔,等. 生物腐植酸(黄腐酸)及其在农业中的应用[J]. 河北农业科学,2009,13(7):36-38,133
- [9] 常思敏,马新明,赵献章. 砷对烤烟生长发育及产量和品质的影响[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2007,35(8):165-170
- [10] 常思敏,马新明. 砷对烤烟氮代谢的影响[J]. 作物学报,2007,33(1):132-136
- [11] 常思敏,马新明,张贵龙,等. 砷对烤烟碳氮代谢及其产量和品质的影响[J]. 植物生态学报,2006,30(4):682-688
- [12] 杨耀. 生化黄腐酸应用简介[J]. 腐植酸,2000(1):45-46

- [13] 赵世杰,刘华山,董新纯,等.植物生理学实验指导[M].北京:中国农业科技出版社,1998:46-49;149-151
- [14] Larios B, Agurea E, Cabello P, et al. The rate of CO₂ assimilation controls the expression and activity of glutamine synthetase through sugar formation in sunflower (*Helianthus annuus* L.) leaves[J]. Journal of Experimental Botany, 2004, 55 (394): 69-75
- [15] 中国科学院上海植物生理研究所,上海市植物生理学会.现代植物生理学实验指南[M].北京:科学出版社,1999:157-159
- [16] 佚名.实验8.植物组织中可溶性蛋白质含量的测定[EB/OL]. [2005-01-05]. <http://www.scuta.edu.cn/yuanxi/bylw/sl/shiyanneirong>
- [17] 吴良欢,蒋式洪,陶勤南.植物转氨酶(GOT和GPT)活性比色测定方法及其应用[J].土壤通报,1998,29(3):136-138
- [18] 王瑞新,韩富根,卢红,等.烟草化学[M].北京:中国农业出版社,2003:271-272
- [19] Campbell W H. Nitrate reductase and its role in nitrate assimilation in plants[J]. Physoi Plant, 1988, 74:214-219
- [20] Chaffei C, Pageau K, Suzuki A, et al. Cadmium toxicity induced changes in nitrogen management in *Lycopersicon esculentum* leading to a metabolic safeguard through an amino acid storage strategy[J]. Plant & Cell Physiology, 2004, 15(11):1681-1693
- [21] Gouia H, Suzuki A, Brulfert J, et al. Effect of cadmium on the co-ordination of nitrogen and carbon metabolism in bean seedlings[J]. J Plant Physiol, 2003, 160 (4):367-375
- [22] Lea P J, Blackwell K D, Joy K W. Ammonia assimilation in higher plants[C]// Mengel K, Pilbeam D J. Nitrogen metabolism of plant. New York: Oxford University Press, 1992:153-186

· 科研简讯 ·

我校尝试采用无人驾驶飞机航空施药防治甜菜褐斑病

我校专家与相关科技人员合作,在内蒙古乌兰察布市察哈尔右翼前旗进行了无人驾驶飞机航空施药防治甜菜褐斑病的试验。

甜菜褐斑病是甜菜生长中后期重要的叶部病害,主要在7、8月份发生,条件适宜时迅速扩展蔓延,严重危害甜菜的生产,导致产量降低和品质下降。目前喷施化学药剂是防治这种病害的主要手段,但传统的施药方法由于存在工作量大、劳动强度高、施药效率低等问题不能有效而及时地防治病害。

无人驾驶飞机作业在欧美等发达国家农业生产上应用相对较为普遍,而我国还处于起步阶段。此次利用的无人驾驶飞机实施航空施药具有以下优点:一是工作效率高,理论上每小时可作业100亩,有效地减轻劳动力强度和降低生产成本;二是利用机械加压,完善药液的雾化效果,有利于作物对药液的吸收,实现了低量喷雾,提高了防治效果,降低了药液对土壤等环境污染;三是无人驾驶飞机可以克服土壤湿度大或甜菜封垄时拖拉机等农业机械或人工无法进地作业的难题,有利地抓住病害的最佳防治时期。

本次试验主要针对无人驾驶飞机的飞行高度、喷雾量、飞行速度、作业效率、天气情况、海拔高度等多方面参数进行了探索、研究和分析,并获得了许多有效的数据,这些数据将为今后田间采用无人驾驶飞机航空喷雾进行甜菜褐斑病等病害的防治提供一定的参考。

(摘自中国农大校园网)