

木薯茎秆栽培基质氮变化规律研究

李光义, 余小兰, 徐林, 张红燕, 邹雨坤

(中国热带农业科学院环境与植物保护研究所/农业部儋州农业环境科学观测实验站, 海南海口 571101)

摘要 [目的]探讨木薯茎秆栽培基质氮的变化规律。[方法]在未添加外源养分的条件下,以盆栽法对比研究了木薯茎秆栽培基质在种植番茄和不种植番茄2种情况下各形态氮在番茄不同生育期的变化情况。[结果]在番茄整个生育期,“木薯茎秆栽培基质+番茄”的pH为7.48~7.86,“木薯茎秆栽培基质”的pH为7.28~7.88;EC值在幼苗期前从3.28 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 急剧上升至1 371.00 $\mu\text{S}/\text{cm}$,幼苗期之后几乎保持不变;pH、EC值均在理想栽培基质要求范围内。木薯茎秆栽培基质全氮减少幅度为0.276%~0.281%,木薯茎秆栽培基质仍具有较强的供氮潜力。碱解氮含量相对稳定,营养生长期前,“木薯茎秆栽培基质+番茄”碱解氮高于“木薯茎秆栽培基质”,营养生长期后正好相反。铵态氮、硝态氮的大量损失主要发生在番茄营养生长期前;营养生长期后,铵态氮含量保持在35.08~49.93 mg/kg,而“木薯茎秆栽培基质+番茄”硝态氮持续损失直至殆尽,“木薯茎秆栽培基质”硝态氮却有回升,番茄更易吸收硝态氮;矿化氮变化规律与铵态氮、硝态氮变化规律正好相反。氮的转化主要发生在铵态氮、硝态氮和矿化氮之间,但铵态氮、硝态氮的存在会抑制有机氮的矿化。[结论]该研究结果为木薯茎秆作为栽培基质的推广、应用及有机基质栽培养分管理提供了理论依据。

关键词 木薯茎秆;栽培基质;氮释放;氮转化;番茄生育期

中图分类号 S181 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)17-0068-04

Change Rule of Nitrogen in Cassava Stalk Cultivation Substrate

LI Guang-yi, YU Xiao-lan, XU Lin et al (Environment and Plant Protection Institute, CATAS/Danzhou Scientific Observing and Experimental Station of Agro-Environment, Ministry of Agriculture, P. R. China, Haikou, Hainan 571101)

Abstract [Objective] The aim was to explore the change rule of nitrogen in cassava stalk cultivation substrate. [Method] Under the condition of no adding exogenous nutrient, the change rules of different forms of nitrogen of cassava stalk substrate were studied by pot culture experiment under two conditions of planting tomato and not planting tomato. [Result] In the whole growing period of planting tomato, the pH value of ‘cassava stalk substrate + tomato’ was 7.48~7.86, and the pH of ‘cassava stalk cultivation substrate’ was 7.28~7.88. Before seedling stage, the value of EC increased from 3.28 $\mu\text{S}/\text{cm}$ to 1 371.00 $\mu\text{S}/\text{cm}$, and remained almost constant after seedling stage. Both the pH and EC value were within the requirement of ideal substrate. The reducing range of total nitrogen in cassava stalk cultivation substrate was 0.276%~0.281%, and the cassava stalk cultivation substrate still had a strong potential for nitrogen supply. The content of alkali hydrolyzable nitrogen was relatively stable. The alkali hydrolyzable nitrogen of ‘cassava stalk substrate + tomato’ was higher than ‘cassava stalk cultivation substrate’ before the vegetative stage, and after the vegetative stage was just the opposite. Heavy losses of NH_4^+-N and NO_3^--N occurred in tomato vegetative stage, afterwards, the content of NH_4^+-N kept in 35.08~49.93 mg/kg, the NO_3^--N of ‘cassava stalk cultivation substrate + tomato’ kept losing until exhausted, but the NO_3^--N of ‘cassava stalk cultivation substrate’ picked up, which indicated that NO_3^--N could be absorbed more easily than NH_4^+-N . The change rule of mineralized nitrogen was adverse to NH_4^+-N and NO_3^--N . The transformation of nitrogen mainly occurred among NH_4^+-N , NO_3^--N and mineralized nitrogen. However, the presence of NH_4^+-N and NO_3^--N could inhibit the mineralization of organic nitrogen. [Conclusion] The result provides reference for promotion and application of cassava stalk as cultivation substrate as well as organic matrix cultivation nutrient management.

Key words Cassava stalk; Cultivation substrate; Nitrogen release; Nitrogen transformation; Growth stages of tomato

有机基质栽培是指将有机物如农作物秸秆、菇渣、畜禽粪便等经高温发酵或高温处理,使有机废弃物成为较好的栽培基质,形成一个稳定并具有缓冲作用的农业生态系统^[1]。有机基质是有机基质栽培的核心,除具一般基质的特点外,其本身含有丰富养分,在栽培植物过程中充当“养分库”,因此,研究有机基质本身养分释放、转化规律对作物的施、追肥具有十分重要的现实意义^[2-3]。氮是作物必需大量元素,增施氮肥是保证作物高产的重要手段。但由于缺乏科学的施肥技术,植物能吸收利用的氮约为35%,大量的氮以淋洗、氨挥发、反硝化作用而损失^[4]。氮虽能以+5价到-3价的各种形态存在,但植物能直接利用的无机氮很少,大量的氮需经土壤动物及微生物的分解和矿化作用才能形成可以被植物直接利用的矿质氮。可见,各形态氮的释放及相互转化影响着氮素的有效性及生态系统的生产力^[5],探明各形态氮的释放、转化规律对提高氮肥利用率、减少环境污染具有重要

意义。

木薯茎秆栽培基质是腐熟的木薯茎秆^[6]与腐熟鸡粪混配而成的秸秆型基质,其养分含量全且丰富。随着生态循环农业的健康发展和作物秸秆的大量产出,秸秆型栽培基质^[7-8]将成为基质栽培选材的新方向。因此,研究秸秆型栽培基质的养分释放、转化规律对促进生态循环农业的健康发展具有重要意义。鉴于此,笔者以木薯茎秆栽培基质种植番茄为例,研究了木薯茎秆栽培基质各形态氮在栽培番茄过程中的变化规律,旨在为木薯茎秆作为栽培基质的推广、应用及有机基质栽培养分管理提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料 木薯茎秆栽培基质:腐熟木薯茎秆与腐熟鸡粪按体积比1:1混匀而成;番茄(超级大明星)幼苗(14 d苗);花盆、盆托。木薯茎秆栽培基质的基本性质:全氮13.62 mg/g,碱解氮0.865 mg/g,铵态氮105.71 mg/kg,硝态氮724.02 mg/kg,矿化氮0 mg/kg, pH 7.48,电导率(EC)值3.28 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 。

1.2 试验方法 将木薯茎秆栽培基质装满花盆(盆口外径

基金项目 海南省自然科学基金项目(20163105)。
作者简介 李光义(1983—),男,广西南丹人,助理研究员,硕士,从事农业废弃物资源化利用研究。
收稿日期 2018-03-05

27 cm,盆口内经 23 cm,高 25 cm,盆底直径 18 cm),共 10 盆,盆底垫上盆托。其中 5 盆种植番茄,每盆 1 株;其余 5 盆不种植。种植之后不再施肥,视栽培基质湿润程度定量浇水,保持基质湿润;未种植番茄的处理以相同方式进行管理。分别于番茄幼苗期(植后第 20 天)、营养生长期(植后第 40 天)、开花期(植后第 70 天)、坐果期(植后第 100 天)、成熟期(植后第 150 天)用微型取土器采集 2 种处理基质样品供测定、分析用。

1.3 样品分析 测定木薯茎秆栽培基质样品各形态氮(以风干样计)。全氮用 $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}_2$ 消煮-靛酚蓝比色法测定;碱解氮用碱解扩散法测定;铵态氮用 2 mol/L KCl 浸提-靛酚蓝比色法测定;硝态氮用 2 mol/L KCl 浸提-“ $A=A_{220}-2A_{275}$ ”紫外光双波法测定;矿化氮用厌气培养法测定;pH、EC;以鲜样与蒸馏水按 1:5(W:V)浸提后测定。

2 结果与分析

2.1 栽培基质 pH、EC 值变化 pH 是栽培基质化学性质的一个重要指标,其变化影响着基质的缓冲性能、养分的形态及有效性^[9]、微生物活动^[10]、有机质的分解及作物的生长等,栽培基质需具备合适的 pH^[11]。由图 1 可见,“木薯茎秆栽培基质+番茄”的 pH 在栽培番茄过程中保持在 7.48~7.86,变化幅度较小;营养生长期至成熟期,pH 基本保持不变;而“木薯茎秆栽培基质”的 pH 为 7.28~7.88,起伏较大。EC 值是反映栽培基质可溶性盐浓度的指标,其大小直接影响营养液的平衡和幼苗生长情况^[12],一般认为 EC 值为 500~3 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 均适合作物生长^[13]。由图 2 可见,在栽培番茄过程中,“木薯茎秆栽培基质+番茄”的 EC 值由 3.28 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 升至 1 371 $\mu\text{S}/\text{cm}$,符合栽培基质对 EC 值的要求,具体表现为:幼苗期基质的 EC 值迅速上升;幼苗期至成熟期,基质的 EC 值保持在一个相对稳定的数值。“木薯茎秆栽培基质”的 EC 值变化与“木薯茎秆栽培基质+番茄”相似。由此可见,无论是否种植番茄,木薯茎秆栽培基质的 pH、EC 值都符合栽培基质要求。

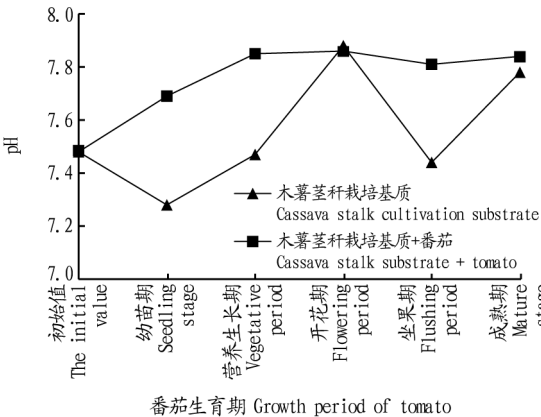


图 1 番茄不同生育期栽培基质 pH 变化

Fig. 1 The pH change of cultivation substrate at different periods of tomato

2.2 栽培基质各形态氮变化 木薯茎秆栽培基质全氮含量反映了基质的供氮潜力,一般认为理想栽培基质的全氮含量

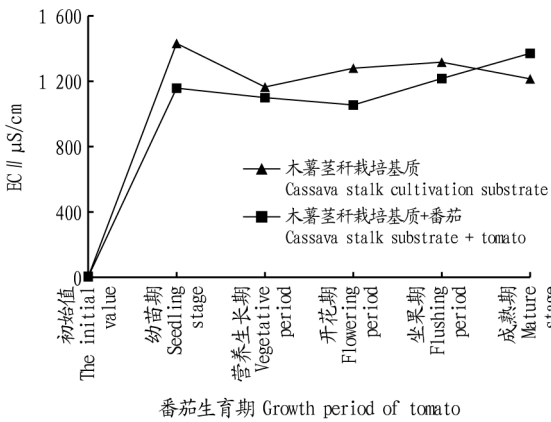


图 2 番茄不同生育期栽培基质 EC 值变化

Fig. 2 The EC change of cultivation substrate at different periods of tomato

为 0.25~0.40 g/L^[14]。由图 3 可见,“木薯茎秆栽培基质+番茄”在栽培番茄过程中,其全氮含量总体呈下降趋势,这与植物吸收或淋洗、氨挥发、反硝化作用有关;“木薯茎秆栽培基质+番茄”全氮在番茄不同生育期变化规律不同:幼苗期,全氮含量下降;幼苗期至营养生长期,全氮含量上升;营养生长期至开花期,全氮含量下降,这与相关研究^[15]结果有差别,这可能与栽培基质的不同及该研究未施肥有关;开花期至坐果期,全氮含量上升;坐果期至成熟期,全氮含量下降。由图 3 可见,“木薯茎秆栽培基质”的全氮含量变化趋势与“木薯茎秆栽培基质+番茄”处理相似,且全氮含量相近,说明木薯茎秆栽培基质全氮的变化主要受基质本身生物生化过程或淋洗、氨挥发、反硝化作用的影响,而因番茄吸收而引起的变化是微小的。对比木薯茎秆栽培基质全氮初始值和最终值可见,全氮减少幅度很小(“木薯茎秆栽培基质”减少 0.276%,“木薯茎秆栽培基质+番茄”减少 0.281%),说明木薯茎秆栽培基质的氮养分较难被当季作物利用,其仍具有较强的供氮潜力,但大部分氮素可能仍以难以被植物直接利用的有机态氮存在。

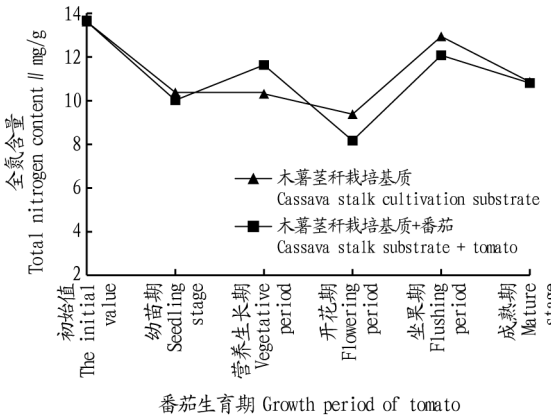


图 3 番茄不同生育期栽培基质全氮含量变化

Fig. 3 The total nitrogen content of cultivation substrate at different periods of tomato

碱解氮包括无机态氮(铵态氮、硝态氮)及易水解的有机态氮(氨基酸、酰胺和易水解蛋白质),木薯茎秆栽培基质碱

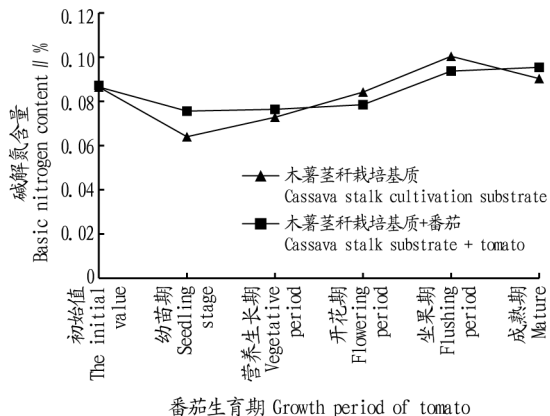


图4 番茄不同生育期栽培基质碱解氮变化

Fig. 4 The basic nitrogen content of cultivation substrate at different periods of tomato

解氮含量能反映基质近期内氮素供应情况。由图4可见,在番茄整个生育期内,“木薯茎秆栽培基质+番茄”的碱解氮含量基本保持不变,表明木薯茎秆栽培基质氮素供应情况比较稳定,保证植物对氮素的吸收,这与已有研究结果^[16]一致。“木薯茎秆栽培基质”与“木薯茎秆栽培基质+番茄”相比:营养生长期前,其碱解氮含量降低,可能由于部分氮流失所致;营养生长期至坐果期,其碱解氮含量升高,可能由于“木薯茎秆栽培基质+番茄”因植物吸收而降低所致。

铵态氮是植物能直接利用的主要氮形态之一,木薯茎秆栽培基质铵态氮含量在一定程度上反映了基质直接供氮能力。由图5可见,“木薯茎秆栽培基质+番茄”在栽培番茄过程中:幼苗期,铵态氮含量略微提升;幼苗期至营养生长期,铵态氮含量骤减;营养生长期至成熟期,基质铵态氮含量几乎保持不变;铵态氮变化与朱咏莉等^[17]研究结果一致。“木薯茎秆栽培基质”与“木薯茎秆栽培基质+番茄”相比,番茄营养生长期前,基质铵态氮含量急剧下降;营养生长期至成熟期,基质铵态氮含量几乎保持不变,且与“木薯茎秆栽培基质+番茄”铵态氮含量处于同一水平,表明铵态氮含量的骤减并不是因为植物吸收利用所致,而是因淋洗等途径损失所致。

硝态氮是植物能直接利用的主要氮形态之一,且该形态氮不易被土壤(栽培基质)胶体吸附,易流失,硝态氮含量在一定程度上也能指示基质直接供氮能力。由图6可见,幼苗期,“木薯茎秆栽培基质+番茄”硝态氮急剧降低至几乎殆尽,而“木薯茎秆栽培基质”硝态氮仍保持较高含量,说明“木薯茎秆栽培基质+番茄”硝态氮的减少是植物吸收利用和流失共同作用造成的;幼苗期至成熟期,“木薯茎秆栽培基质+番茄”几乎再无硝态氮,而“木薯茎秆栽培基质”硝态氮含量除在成熟期较低外(9.08 mg/kg),其他生育期仍保持在较高水平。硝态氮含量变化结果表明,木薯茎秆栽培基质大部分硝态氮因淋洗等途径而损失。

氮矿化是有机态氮经微生物分解,形成无机态氮的过程,矿化氮是氮矿化的结果。木薯茎秆栽培基质矿化氮含量的高低可反映基质应急供氮能力的大小。由图7可见,在栽

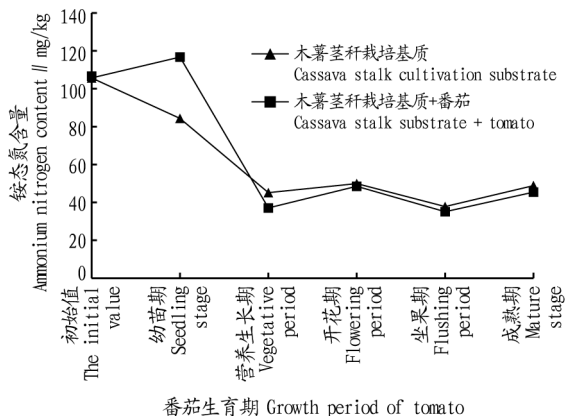


图5 番茄不同生育期栽培基质铵态氮变化

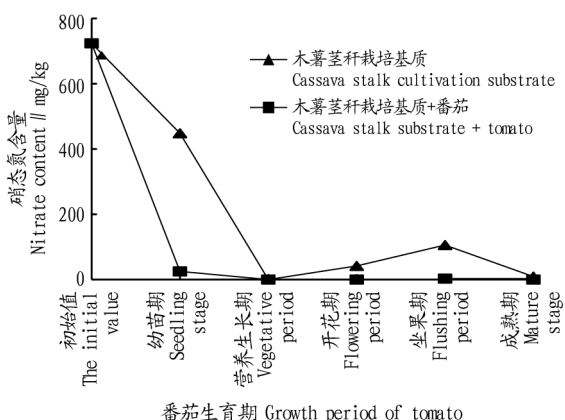
Fig. 5 Cultivation substrate NH_4^+ -N changes at different stages of tomato

图6 番茄不同生育期栽培基质硝态氮变化

Fig. 6 The nitrate content of cultivation substrate at different stages of tomato

培番茄过程中:营养生长期之前,“木薯茎秆栽培基质+番茄”矿化氮含量急剧上升;营养生长期至成熟期,“木薯茎秆栽培基质+番茄”矿化氮含量虽有变化,但变化幅度不大。“木薯茎秆栽培基质”的矿化氮变化趋势与“木薯茎秆栽培基质+番茄”处理相似,但其矿化氮含量要低,这可能与基质中微生物丰富度不同有关。

2.3 栽培基质各形态氮转化规律 木薯茎秆栽培基质各形态氮的转化不仅表明氮素的有效性,还能为各形态氮的调控提供依据。由图8可见,栽培番茄时,木薯茎秆栽培基质各形态氮含量都在不断的变化。在整个番茄生育期,木薯茎秆栽培基质各形态氮的含量是不同的:初始时,碱解氮含量为 865 mg/kg,铵态氮含量为 105.71 mg/kg,硝态氮为 724.02 mg/kg,矿化氮为 0;幼苗期,碱解氮略有降低(756 mg/kg),铵态氮基本不变、硝态氮急剧降低殆尽,矿化氮骤升至 494.97 mg/kg;营养生长期,碱解氮基本不变(764 mg/kg),铵态氮降至 37.08 mg/kg,硝态氮为 0,矿化氮升至 735.55 mg/kg;开花期,碱解氮仍保持较高的水平(785 mg/kg)、铵态氮为 48.51 mg/kg、硝态氮为 0、矿化氮为 691.39 mg/kg;坐果期,碱解氮升至 937 mg/kg、铵态氮为 35.08 mg/kg,硝态氮为 2.75 mg/kg,矿化氮升至 817.91 mg/kg;成熟期,碱解氮为

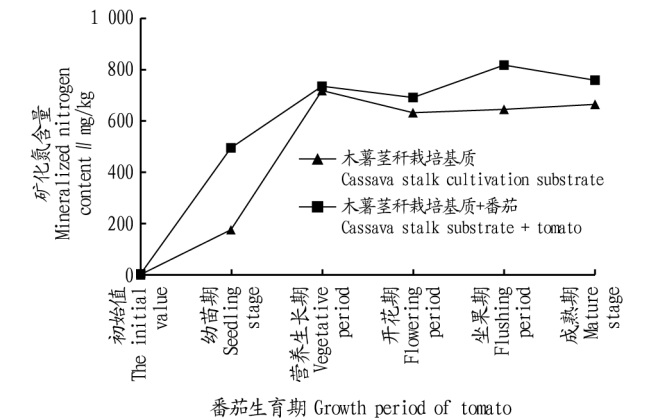


图 7 番茄不同生育期栽培基质矿化氮变化

Fig. 7 Cultivation substrate mineralized nitrogen changes at different stages of tomato

954 mg/kg, 铵态氮为 45.40 mg/kg, 硝态氮为 0, 矿化氮为 758.86 mg/kg。对比木薯茎秆栽培基质各形态氮在番茄各生长期的含量可见, 碱解氮一直保持在一个较高水平; 铵态氮在幼苗期前保持在较高水平, 幼苗期后一直处于较低水平; 硝态氮至幼苗期几乎耗尽, 这可能与番茄为喜硝态氮植物有关^[18-19]; 矿化氮从初始值(0)呈逐渐上升趋势。各形态氮含量变化说明, 木薯茎秆栽培基质各形态氮的转化主要发生在铵态氮、硝态氮、有机氮(矿化氮)之间: 当铵态氮、硝态氮含量高时, 矿化作用弱, 即无机氮的存在会抑制矿化作用的进行; 当铵态氮、硝态氮降低或消耗殆尽时, 矿化作用将有机氮分解为无机氮, 从而为植物提供有效氮养分。未种植番茄时, 木薯茎秆栽培基质各形态氮的转化规律与种植番茄时的转化规律相似(图 9)。

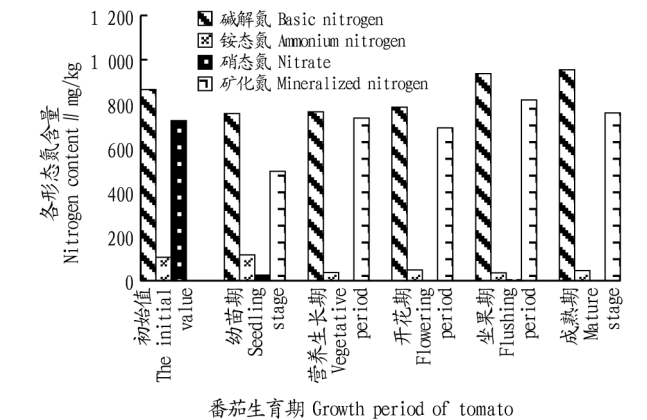


图 8 番茄不同生育期栽培基质+番茄各形态氮含量

Fig. 8 The content of different forms of nitrogen of 'cassava stalk substrate+tomato' at different stages of tomato

3 结论与讨论

有机基质栽培是一个稳定、缓冲性能较强、具有良好根系生长环境的系统, 有机基质在系统中除了扮演外来养分“中转站”的角色外, 其本身就是一个“养分库”, 因此, 研究有机基质本身的养分释放、转化规律就显得非常重要。关于有机质栽培系统养分释放、转化规律的研究, 已有相关文献报道, 也取得了一些具有指导意义的结果, 但有的研究只注

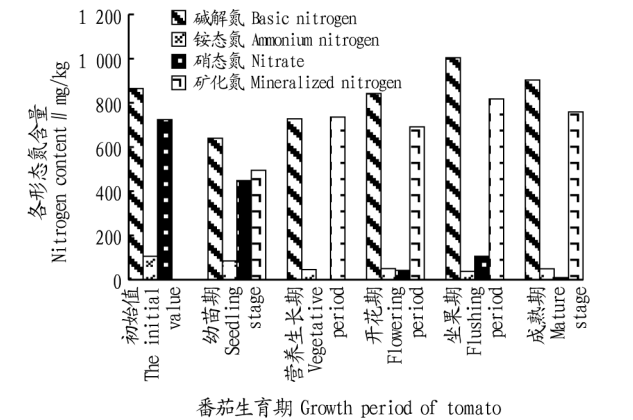


图 9 番茄不同生育期栽培基质各形态氮含量

Fig. 9 The content of different forms of cassava stalk substrate at different stages of tomato

重有机基质外来养分作为“中转站”的角色^[16], 而忽略了有机基质本身“养分库”的角色, 这对充分了解有机基质本身养分的释放、转化规律存在局限性; 有的研究只研究了未种植植物时有机基质养分释放规律^[20], 缺乏种植植物时有机基质养分释放规律的对比研究, 无法对养分进行准确调控; 该研究在未添加外源养分的情况下, 对比研究了木薯茎秆栽培基质在种植番茄和未种植番茄 2 种情况下木薯茎秆栽培基质氮养分的释放、转化规律, 这为施(追)肥量和养分的准确调控提供了更加科学的依据。但该研究只对木薯茎秆栽培基质氮释放、转化规律进行研究, 无法为养分的全面调控提供科学指导。

基质 pH 影响养分的溶解性和植物的有效吸收, 应维持在相对稳定状态, 最好呈中性或弱酸性状态。木薯茎秆栽培基质在栽培番茄过程中, pH 虽有波动, 但变化幅度不大, 且保持在理想基质要求(pH 6~8)范围内, 这与已有有机质栽培研究结果^[20]一致; EC 值反映基质中可溶性盐分含量, 影响营养液的平衡和植物的生长。该研究中, 木薯茎秆栽培基质 EC 值随着番茄生长期的进行而逐渐升高, 最后保持在一个相对稳定的数值, 且符合理想基质要求(<3 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$)。单从木薯茎秆栽培基质的 pH 和 EC 值来看, 说明木薯茎秆栽培基质可用于大多数植物栽培, 可在实际生产中推广利用。

木薯茎秆栽培基质全氮含量前后变化不大, 说明当季番茄从基质中吸收的氮养分很少, 大部分氮养分仍然储存在基质中, 这与基质中大量的氮以有机态存在有关; 碱解氮含量在整个栽培过程中始终保持在一个较高含量水平, 表明木薯茎秆栽培基质具备持续释放有效氮的能力, 但这种“持续释放”可能具“滞后性”, 无法为植物的生长及时提供氮养分; 铵态氮、硝态氮在营养生长期前锐减, 说明铵态氮、硝态氮极易损失; 铵态氮减少到一定量后几乎不再减少, 而硝态氮持续锐减直至殆尽, 说明硝态氮更易损失, 同时也说明番茄对铵态氮、硝态氮的吸收具有选择性, 更易吸收硝态氮^[21]。根据铵态氮、硝态氮的变化规律, 建议以木薯茎秆栽培基质种植

(下转第 75 页)

貌;冲沟、河谷阶地、河漫滩、洪积扇等河流侵蚀和堆积地貌,并有大量的丹霞地貌出露,主要有丹霞丘峰、丹霞谷、丹霞冰蚀盆地、丹霞龟背纹石坡、丹霞龟、丹霞丹顶鹤石峰、丹霞石门关、丹霞冰蚀山脊、丹霞丘(鼓丘)等,地貌多样性非常突出。

从生物资源看,箐花甸湿地植被可分为4个植被型、5个植被亚型、6个群系组、9个群系、10个群落,植物群落多样性较为突出;园内记录到维管束植物有62科150属222种,哺乳动物39种、鸟类63种、两栖动物15种、爬行动物16种。由于湿地公园拟建较小,又地处滇西北高寒山区,是生境类型相对较为单一的区域,因此,各生物类群的多样性亦较为丰富。

4.5 生物资源稀有性和特有性 箐花甸湿地为亚高山丹霞冰蚀沼泽,其基质和成因在全省乃至全国都具有独特性,分布有滇金丝猴(*Rhinopithecus bieti*)、金雕(*Aquila chrysaetos*)等国家Ⅰ级保护野生动物5种;灰鹤(*Grus grus*)、斑头雁(*Anser indicus*)等国家Ⅱ级保护野生动物17种。此外,还分布有15种我国特有(或主要分布于我国)的哺乳动物鹤鸟类,而湿地公园内两栖爬行动物特有成分突出,云南、横断山区或西南山地特有种达20种,占总数的64.52%。其中胸腺猫眼蟾、贡山猫眼蟾为滇西北特有种,具有极高的保护价值。

4.6 生态环境脆弱性 沼泽湿地的成因之一是地表过湿或有薄层积水,致使沼泽地土壤缺氧,在厌氧条件下,有机物分解缓慢,只呈半分解状态,最终形成泥炭^[9]。因此,充足的水

(上接第71页)

番茄时,氮养分的补充、调控应以硝态氮为主,但实际效果仍有待进一步研究、验证。

木薯茎秆栽培基质各形态氮转化规律表明,氮形态的转化主要发生在铵态氮、硝态氮和矿化氮(有机氮)之间:铵态氮、硝态氮的存在会抑制有机氮矿化;铵态氮、硝态氮是有机氮矿化的结果:当铵态氮、硝态氮被消耗时,有机氮经矿化作用分解为铵态氮、硝态氮,从而为植物最大限度地提供有效氮。氮矿化一个微生物分解有机氮为无机氮的过程,该过程受基质有机氮含量、基质C/N及微生物数量、种类的影响,矿化氮含量仅反映有效氮的潜在供应能力,并不是有效氮的即时供应能力。因此,以木薯茎秆栽培基质种植番茄或其他植物时,为保证植物的健康生长,及时施肥、追肥是非常有必要的。

参考文献

[1] 李式军,郭世荣.设施园艺学[M].北京:中国农业出版社,2002:294.
[2] 蒋卫杰,余宏军.蔬菜有机生态型无土栽培营养生理研究进展[J].中国蔬菜,2005(S1):27-31.
[3] 蒋卫杰,郑光华,汪浩,等.有机生态型无土栽培技术及其营养生理基础[J].园艺学报,1996,23(2):139-144.
[4] 黄丽华,沈根祥,钱晓雅,等.滴灌施肥对农田土壤氮素利用和流失的影响[J].农业工程学报,2008,24(7):49-53.
[5] 杨月英,张福漫,乔晓军.不同形态氮素对基质培番茄生育、产量及品质的影响[J].华北农学报,2003,18(1):86-89.
[6] 李光义,李勤奋,张晶元.木薯茎秆基质化的堆肥工艺及评价[J].农业工程学报,2011,27(1):320-325.
[7] 贺超兴,舒海波,张志斌.有机土基质栽培方式影响温室黄瓜产量品质

分是沼泽形成的基本条件。由于湿地内的溪流溯源侵蚀,导致湿地局部侵蚀基准面降低,地下水位降低,地表不积水,将导致沼泽化草甸发生逆行演替,形成亚高山草甸。另外,公园位处云岭山脉南段山脊的夷平面上,海拔3 100~3 620 m,地势高耸,冬季寒冷,夏季温凉,高寒气候显著,是滇西北最典型的高寒山区之一,生态环境十分脆弱。面山森林-土壤系统是湿地主要的水源补给区,因气候寒冷,岩石风化、成土过程,植物生长都十分缓慢,加上紫色岩类上发育的暗棕壤和棕色针叶林土,土壤疏松浅薄,抗侵蚀、抗冲刷能力弱,生态系统非常脆弱、敏感。

参考文献

[1] 吴后建,但新球,王隆富,等.2001—2008年我国湿地公益研究的文献学分析[J].湿地科学与管理,2009(4):40-43.
[2] 李凤霞,伏洋,肖建设,等.长江源头湿地消长对气候变化的响应[J].地理科学进展,2011,30(1):49-56.
[3] 何见.河南光山龙山湖国家湿地公园资源调查及保护恢复对策[J].安徽农业科学,2016,44(3):61-63.
[4] 郝敏,张晓云,袁军,等.山东寿光滨海国家湿地公园湿地保护与恢复措施和工程探析[J].湿地科学,2012,10(3):371-377.
[5] 云南省林业调查规划院.云南兰坪箐花甸国家湿地公园总体规划[R].2016.
[6] 云南省林业调查规划院.云南兰坪箐花甸国家湿地公园资源调查报告[R].2016.
[7] 云南省林业调查规划院.云南省泥炭沼泽碳库调查报告[R].2017.
[8] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局.旅游资源分类、调查与评价:GB/T 18972—2003[S].北京:中国标准出版社,2003.
[9] 万忠梅,宋长春,杨桂生,等.三江平原湿地土壤活性有机碳组分特征及其与土壤酶活性的关系[J].环境科学学报,2009,29(2):406-412.
的研究[J].江西农业学报,2010,22(7):56-59.
[8] 密其鹏,王献杰,曹荣利,等.有机番茄的有机基质栽培配方研究[J].天津农业科学,2014,20(12):125-128.
[9] 董亮.栽培基质pH值的调节试验研究[D].泰安:山东农业大学,2005:1-5,11.
[10] CARRION C,ABAD M,FORNES F,et al. Acidification of composts from agricultural wastes to prepare nursery potting mixtures[J]. Acta Hort, 2008, 779:333-340.
[11] PARÉ T,DINEL H,SCHNITZER M,et al. Transformations of carbon and nitrogen during composting of animal manure and shredded paper[J]. Biol Fertil Soils, 1998, 26:173-178.
[12] 郭世荣.固体栽培基质研究、开发现状及发展趋势[J].农业工程学报,2005,21(S2):1-4.
[13] 吴继红.几种固形栽培基质物料的理化性状比较[J].吉林农业科学,2006,31(4):17-20.
[14] 李天林,沈兵,李红霞.无土栽培中基质培选料的参考因素与发展趋势(综述)[J].石河子大学学报(自然科学版),1999,3(3):250-259.
[15] 李海燕,李絮花,王克安,等.蘑菇渣替代草炭的栽培基质对番茄幼苗氮素状况的影响[J].中国农学通报,2011,27(31):244-247.
[16] 柴喜荣,程智慧,孟焕文,等.有机基质栽培番茄氮磷钾养分吸收与基质养分释放规律的研究[J].北方园艺,2011(16):4-7.
[17] 朱咏莉,李萍萍,赵青松,等.不同配比醋糟有机基质氮素有效性对黄瓜生长的关系[J].土壤通报,2011,42(5):1184-1188.
[18] ZORNOZA P,CASELLES J,CARPENA O. Response of papper plants to NO₃:NH₄ ratio and light intensity[J]. Journal of plant nutrition,1987,10(7):773-782.
[19] PILL W G,LAMBETH V N. Effects of NH₄ and NO₃ nutrition with and without pH adjustment on tomato growth,ion composition and water relation[J]. J Amer Soc Hort Sci,1977,102(1):78-81.
[20] 许杰,林电,林建明.基质在热带兰栽培过程中的养分释放研究[J].北方园艺,2012(2):154-158.
[21] GIBSON C J,PILL W G. Effects of preplant phosphorus fertilization rate and of nitrate and ammonium liquid feeds on tomato grown in peat-vermiculite[J]. J Amer Soc Hort Sci,1983,108(6):1007-1011.