

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

柴喜荣, 程智慧, 孟焕文, 梁 静, 李 威

(西北农林科技大学 园艺学院, 陕西 杨凌 712100)

摘 要:以课题组筛选的有机基质配方(稻壳、玉米芯、菇渣体积比为 5:2:3)栽培番茄, 分析番茄整个生育期基质养分释放动态、番茄叶片中营养元素含量变化及番茄植株对养分利用情况。结果表明:基质中碱解氮、速效磷的释放规律基本一致, 在整个生长过程中波动不大; 钾元素含量急剧下降, 坐果期下降最为明显。基质养分释放氮最大, 为 819.3 mg/kg; 磷最低, 为 364.5 mg/kg。番茄吸收钾最多, 为 7.54 g/株; 吸收磷最少, 仅 1.25 g/株。最适宜番茄生长的氮、磷、钾施肥比例为 1:0.24:1.45。

关键词:番茄; 有机基质栽培; 追肥; 养分吸收

中图分类号:S 641.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2011)16-0004-04

利用农业生产的废弃物做有机基质是园艺无土栽培的主要方向之一, 在大棚生产中占有重要的地位。研究表明, 有机基质含有丰富的养分和有机质, 可促进番茄植株生长, 有利于干物质形成和积累^[1]。采用合理的番茄基质配方可以明显增加番茄产量和提高品质^[2-3]。

近年来, 国内外学者对番茄栽培基质配方作了大量研究, 蒋卫杰等^[4-5]报道, 基质本身的养分转化释放对番茄植株的供肥起着相当重要的作用。程智慧^[6]筛选出了以全有机基质稻壳:玉米芯:菇渣体积比为 5:2:3 栽培番茄, 该配方可以替代目前国际上以泥炭为标准的通用配方, 明显提高了番茄品质和产量, 但对该配方的研究仅局限于基质中微生物含量、番茄的形态、产量和品质等方面, 尚未见从营养管理方面进行深入研究, 因而具体的施肥量、施肥种类及施肥时期等比较盲目。现采用程智慧提出的上述配方栽培番茄, 通过分析基质养分的释放规律和番茄营养指标、叶片中营养元素变化等, 确定有机基质栽培番茄最适宜的氮磷钾吸收比例和动态变化情况, 进一步明确基质中养分的供应状况, 为大面积应用有机基质配方栽培番茄的营养管理提供理论和技术依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试番茄材料为“以色列大粉 208 F₁”, 最新国外引进杂交一代番茄, 无限生长型, 中早熟; 粉红色大果, 耐裂, 耐贮运; 品质佳, 产量高; 植株生长势较强, 叶量中等, 抗病性强。有机基质材料为稻壳:玉米芯:菇渣体积比为 5:2:3。基肥为 50 kg/m³ 充分腐熟的牛粪, 以消毒膨化鸡粪为基肥, 消毒鸡粪的养分含量为全氮 2.23%、全磷 1.64%、全钾 1.89%、速效氮 1 524.3 mg/kg、速效磷 731.6 mg/kg、有效钾 826.3 mg/kg。

1.2 试验方法

田间试验在陕西杨凌西北农林科技大学园艺学院试验站塑料大棚内进行。供试番茄于 2009 年 8 月 1 日定植, 袋式栽培, 采用长×宽×高=30 cm×30 cm×25 cm 的黑色塑料袋, 每袋装基质 6 kg, 栽番茄 1 株, 每小区种 60 株, 3 次重复, 共 180 株。定植后 30 d 开始进行第 1 次追肥, 以后随植株生长每隔 10 d 追肥 1 次, 每次施肥量为消毒鸡粪 60 g/株, 共施 5 次肥。8 月 11 日开始第 1 次采样, 以后每隔 7 d 采 1 次基质样和番茄叶片, 番茄叶片以顶端生长点向下第 3~4 片叶子, 采样时间为上午 10:00, 样品采下后装入塑料袋中带回实验室, 用蒸馏水擦洗后 105℃、1 h 杀青, 75℃烘干后过 1 mm 筛, 储存待测。基质样自然风干。番茄留 4 穗果后打顶。

1.3 样品分析

叶片和基质全氮、磷、钾分析采用 H₂SO₄-2H₂O₂ 一次消煮, 然后采用凯氏定氮法测定全氮、钼钒黄比色法测定全磷、火焰光度法测定全钾含量。基质速效氮、磷、钾分析采用碱解扩散法、NaHCO₃ 浸提-钼蓝比色法、醋酸铵浸提-火焰光度法。pH 值和 EC 值: 取风干

第一作者简介:柴喜荣(1984-), 女, 在读硕士, 现主要从事园艺作物生理生态研究工作。E-mail: chaixirong1006@163.com。

责任作者:程智慧(1958-), 男, 教授, 博士生导师, 现主要从事园艺植物栽培生理生态研究工作。E-mail: chengzh@nwsuaf.edu.cn。

基金项目:国家“十一五”科技支撑计划资助项目(2007BAD57B03)。

收稿日期:2011-05-24

基质 10 g, 加去 CO_2 水 50 mL, 振荡 30 min, 分别用 DDS-11A 和 pH 测定仪 (型号 PH-3C) 测定 EC 值和 pH 值。有机质含量采用重铬酸钾法^[7-8]。

2 结果与分析

2.1 定植前基质的理化性质

有机质可持久供应作物生长所需养分, 具备长期向作物供肥的能力, 定植前配方的有机质为 18.07 g/kg; 基质的容重为 0.28 g/cm³, 在理想范围 0.2~0.8 g/cm³ 内^[9], 容重小有利于基质的更换、消毒和其它操作; 基质的孔隙度是衡量基质吸水 and 容纳空气能力的重要指标, 定植前基质的总孔隙度 60.28%。在理想的孔隙度 60%~90% 之间^[2], 定植前基质的 pH 为 6.82, EC 为 1.98 mS/cm, 均适合番茄作物正常生长。定植前基质的养分含量为: 全氮 9.54 g/kg, 全磷 8.12 g/kg, 全钾 28.15 g/kg。可以看出该配方基质的全钾含量最高, 全氮、全磷含量低且相差不大; 定植前基质的碱解氮、速效磷和有效钾分别为 867.5、748.5、4 085.6 mg/kg。

2.2 基质 pH 和 EC 值的变化

番茄生长适宜微酸性根际环境, 适宜 pH 范围为 5.0~7.5^[5]。图 1 中基质的 pH 值均处于理想范围,

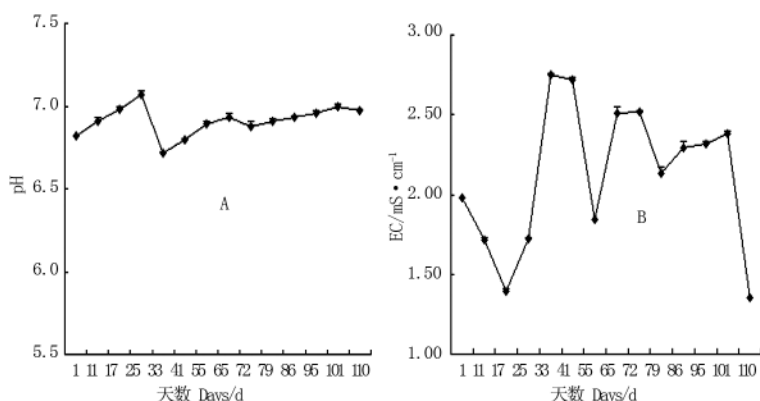


图 1 不同时期采样基质中 pH(A) 和 EC 值(B) 的动态变化

Fig. 1 Changes of pH and EC at different developmental stages of tomato

速效钾波动较大。定植初期基质中速效氮、磷、钾含量分别为 867.5、748.5、4 085.6 mg/kg, 0~20 d 基质中碱解氮含量下降, 可能的原因是定植初期由于温度过高, 水分管理过勤, 导致基质中养分因淋溶损失较大。定植后 20~55 d, 番茄处于开花坐果期和果实膨大期, 对养分的需求较高, 定期追肥后使得基质和肥料中养分的释放量加大, 导致基质中碱解氮和速效磷的含量呈缓慢上升的趋势。番茄定植 75 d 后番茄进入成熟期并终止施肥, 此时基质中的碱解氮和速效磷含量达最高值, 之后随着果实的成熟, 植株吸收养分用于果实品质的形成, 基质中养分含量下降最后基本保持平衡。

基质中的速效钾含量较高, 整个过程中基质中的速效钾呈现波动, 原因可能是由于有机肥具有缓效释

适合番茄正常生长。定植后到开花阶段(0~25 d)基质的 pH 呈升高趋势, 定植 33 d 后基质的 pH 由 7.07 下降到 6.72, 原因可能是由于有机基质在分解过程中放出的有机酸在一定程度上中和了碱性^[10], 果实膨大期到坐果采收期(45~72 d) pH 值呈略微升高的趋势, 原因是番茄植株在结果期, 需水量加大, 蒸腾作用大大加强, 这样就加剧了钙离子和镁离子在栽培基质中的积累。总体来看, pH 值在生长过程中的变化不大, 始终都没有超出番茄所能承受的范围(5.0~7.5 之间), 没有影响到番茄对大量元素和微量元素的有效性吸收^[11]。不同时期采样基质 EC 值在番茄整个生育期中波动见图 1, 在定植后 33 d 基质的 EC 值达到最大值 2.76 mS/cm, 之后随着植株的生长, 基质的 EC 值降低至适宜范围 2.5 mS/cm 之内^[10], 番茄生长过程中, 基质的 EC 值波动虽然较大, 但通过定期追施复合肥, 使基质中的 EC 值始终在容许范围之内, 因此, 不会影响番茄对养分的吸收。图 1 中 pH、EC 值的标准偏差均小于 0.05, 数值偏离平均值较少。

2.3 基质中氮、磷、钾含量的变化

由图 2 可以看出, 基质中碱解氮和速效磷的变化趋势基本一致, 在整个生长过程中波动比较平缓, 基质中

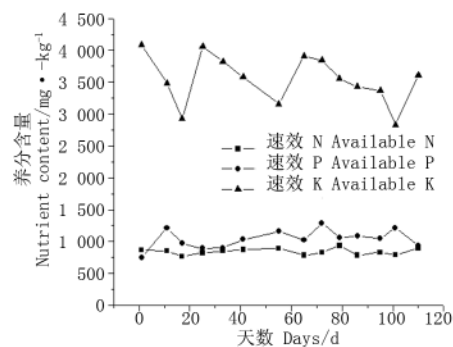


图 2 不同生长时期基质中速效氮、磷、钾含量的动态变化

Fig. 2 Available N, P, K release at different developmental stages of tomato of substrate

放的特点, 通过定期的追肥, 可以使基质中的速效钾维持在一定的水平。缓苗开花(定植 0~20 d)和果实膨大阶段, 基质中的钾含量均有所下降; 果实膨大到接近成熟期, 停止追肥, 基质中的速效钾含量达到最大值, 之后由于果实品质的形成对速效钾的需求比较大, 导致基质中的速效钾含量急剧下降; 果实成熟后期, 番茄对钾素的吸收量降低, 基质中速效钾的含量有升高趋势。

2.4 番茄叶片中氮、磷、钾含量的变化

由图 3 可知, 叶片中全氮、全磷的变化趋势基本一致, 定植到开花时期, 植株对养分的需求较高, 叶片中全氮、全磷的含量明显上升, 从开花坐果到果实成熟前期, 叶片中全氮含量由 1.05% 下降到 0.76%, 全磷由

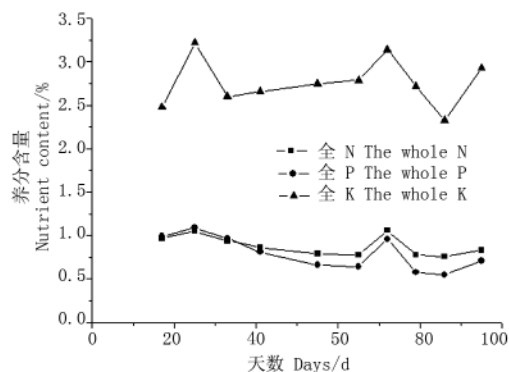


图3 不同时期采样叶片中全氮、全磷和全钾含量的动态变化

Fig. 3 Amount of nutrients absorption N,P,K at different developmental stages of tomato leaves

1.09%下降到0.64%,下降幅度基本接近,进入果实成熟期,叶片中的全氮、全磷的含量均达到峰值,随着果实的采收,叶片中养分的吸收逐渐减少之后趋于缓和。

表1

基质养分供应量与番茄吸收量

Table 1 Amount of nutrients supply in growing media and amount of nutrients absorption per tomato plant

基质原有养分量 Nutrients original insubstrates/g · kg ⁻¹			追肥养分量 Nutrients from topdressing/g · kg ⁻¹			基质残留养分 Nutrients remained in substrates/g · kg ⁻¹			植株吸收养分 Nutrients absorbed by plant/g · 株 ⁻¹			氮、磷、钾吸收比例 Absorption ratio of N,P and K
全 N	全 P	全 K	全 N	全 P	全 K	全 N	全 P	全 K	N	P	K	N:P:K
9.54	8.12	28.15	1.12	0.82	0.95	9.79	8.73	27.84	5.20	1.25	7.54	1:0.24:1.45

2.5.2 基质氮磷钾养分释放量 栽培期间,基质不断转化释放养分,但其不易直接测得,在不同的栽培条件下,基质本身的养分释放量是一个变值^[13-14]。在该试验条件下,假设以番茄吸收量与收获后基质有效养分量之和作为全部有效养分量^[15],由表2可以看出,氮和钾的释放量最大,分别为819.3 mg/kg和745.2 mg/kg,磷的释放量最低,为364.5 mg/kg。释

表2

栽培过程中基质氮、磷、钾三要素的释放量

Table 2 Amount of N,P and K released from substrates during cultivation

养分类别 Nutrient element	基质原有养分量 Nutrients original in substrates/mg · kg ⁻¹	追肥养分量 Nutrients from topdressing/mg · kg ⁻¹	残留有效养分 Available nutrients remained in substrate/mg · kg ⁻¹	基质肥料养分释放 Released nutrients of substrate and fertilizer/mg · kg ⁻¹	释放量与原有速效养分比 Ratio of released to the original nutrients
速效 N Avialbe N	867.5	76.2	896.3	819.3	0.94
速效 P Avialbe P	748.5	36.6	941.2	364.5	0.49
速效钾 Avialbe K	4 085.6	41.3	3 615.4	745.2	0.18

3 讨论

有机基质能为作物的生长发育提供良好的水、肥、气等根际环境,并且可以充当外来水分、氧气、养分的“中转站”,其微量元素含量丰富,一般不必考虑添加^[16]。因此,栽培基质理化性状的好坏将直接决定能否为作物生长提供良好的根际生长环境。该试验测得番茄定植前基质的各项理化性质均在理想范围之内,通过定期追肥可以增强基质的缓冲能力,使基质中pH、EC值基本稳定在适合番茄生长的范围内,与蒋卫

整个生长期中,叶片全钾的含量波动较大,番茄成熟期全钾含量达最大值,之后由于果实品质形成需要较多钾,则供应叶片中钾逐渐减少,果实成熟后期叶片吸收量又逐渐增加。

2.5 番茄氮磷钾养分吸收量与基质氮磷钾养分释放量

2.5.1 番茄氮磷钾养分吸收量 对定植前及拉秧时2次基质的氮、磷、钾全量进行测定(表1),未腐熟的基质和肥料在栽培过程中有机物继续降解,释放速效养分。番茄吸收的养分除来自于基质与有机肥释放的养分外,定期追施复合肥能及时补充养分的不足,该试验在忽略氮的损失情况下,假设定植前基质原有养分量(包括有机肥养分含量)与追肥施入养分量作为全部养分量,则其中包括基质残留养分量和番茄植株吸收养分量^[12],基质每袋的重量为6 kg,总共追施有机肥的量为全氮1.12 g/kg、全磷0.82 g/kg、全钾0.95 g/kg。可以看出基质和肥料栽培条件下,养分吸收总体表现为吸收钾最多,为7.54 g/株,吸收磷最少,为1.25 g/株。氮、磷、钾吸收的最佳比例为1:0.24:1.45(表1)。

放量与基质原有速效养分比较可知,速效氮比值最大,为0.94,其次是速效磷,为0.49,比值最小的是速效钾,为0.18。定植前,基质的速效钾含量最大,而释放量与原有养分比却最小,可能的原因是由于基质中的速效钾以水溶性离子存在,一部分被植株吸收,另一部分随着淋溶、挥发而损失。

杰^[17]提出的理论相符。

该试验中,基质氮、磷、钾养分释放动态可以看出,基质中的氮在定植至开花期间含量降到最低,到坐果至果实膨大期有所升高,直到果实膨大至果实成熟期氮含量达到最大值,之后进入果实成熟和采收期,氮含量基本稳定,磷的变化趋势与氮基本相似,对于钾而言,番茄成熟前期,钾含量波动较大,成熟期至采收期,钾含量急剧下降。基质中的氮、磷、钾释放量与番茄氮、磷、钾吸收量应呈现对应的关系,基质中养分含量下降,说明供应番茄生长的养分较多的被番茄所吸收。

总而言之,番茄体内氮和磷的含量在整个生育期变化较小,钾含量则随番茄生育期的延长而呈升高的趋势,果实采收期尤为明显。该试验中氮的变化趋势与田吉林^[18]的结论不同,田吉林认为,番茄体内氮的含量随生育期的延长是呈现降低的趋势,磷、钾的变化趋势与该试验结论相符,原因可能是不同的有机基质栽培番茄,番茄养分吸收的规律不同。

在番茄的整个生长期,基质中营养元素的供应水平与植株对营养元素的吸收要求一致,蒋卫杰^[5]得出氮、磷、钾的吸收比例为 $N:P_2O_5:K_2O=1:0.25:1.14$,而该试验得出番茄氮、磷、钾最适宜的吸收比例为 $1:0.24:1.45$,与蒋卫杰的吸收比例相比较,该试验有机基质(稻壳、玉米芯、菇渣)栽培番茄吸收钾素较多,分析基质的养分释放和番茄的养分吸收,可以得出,番茄对氮素的吸收量基本等于基质中原有的速效养分的量,但栽培过程中存在养分损失,因此要适当补充氮肥的量;磷素和钾素的吸收量小于原有速效养分,可不必考虑添加,但在番茄果实成熟期,速效钾含量下降明显,可适当追施钾肥。

4 结论

有机基质(稻壳、玉米芯、菇渣体积比为 5:2:3)栽培番茄,整个生长期基质中氮磷钾养分的释放情况基本一致,结果后期由于果实对钾的需求较高从而导致基质中速效钾含量的下降,而速效氮、磷含量基本稳定。

在番茄的整个生长过程中,番茄叶片中氮磷钾养分含量变化趋势也基本一致,番茄进入果实成熟期对钾肥的需求高,应及时补充钾肥以利于番茄品质的形成。

有机基质(稻壳、玉米芯、菇渣)栽培番茄,养分吸收总体表现为吸收钾最多,吸收磷最少;氮和钾的释放量最大,磷的释放量最小。番茄氮、磷、钾最适吸收比例为 $1:0.24:1.45$ 。

参考文献

- [1] 段崇香,于贤昌.有机基质栽培黄瓜化肥施用技术的研究[J].植物营养与肥料学报,2003,9(2):238-241.
- [2] 周艳丽,程智慧,孟焕文,等.有机基质配比对番茄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),2005,33(1):79-82.
- [3] 叶祥盛,谭启玲.不同基质栽培对蔬菜产量及硝酸盐含量的影响[J].湖北农业科学,2003(2):54.
- [4] 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(增刊):27-31.
- [5] 蒋卫杰,郑光华,白纲义.有机生态型无土栽培技术及营养生理基础[J].园艺学报,1996,23(2):139-144.
- [6] 程智慧,徐文俊,孟焕文.一种用于番茄育苗的无土栽培有机基质及其制备方法[P].中华人民共和国国家知识产权局:CN101697705A,2010.
- [7] 高俊凤.植物生理学研究技术[M].西安:兴安图书出版公司,2000.
- [8] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,1999.
- [9] 李静,赵秀兰,魏世强.无公害蔬菜无土栽培基质理化特性研究[J].西南农业大学学报,2001,22(2):112-115.
- [10] 程智慧,周艳丽,孟焕文.番茄有机基质理化特性和栽培效益分析[J].园艺园林科学,2005,21(7):266-269.
- [11] 徐文俊.以稻壳为主要原料的番茄栽培基质配方筛选[D].杨凌:西北农林科技大学,2010.
- [12] 周艳丽.番茄有机基质和有机肥料配方研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2005.
- [13] Chen Y, Gottesman A, Aviad T. The use of bottom-ash coal cinder amended with compost as a container medium in horticulture[J]. Acta Horticulturae, 1991, 294: 204-209.
- [14] Hsieh S C. Concept and practice of natural farming subtropics[J]. Natural Farming, 1992(4): 1.
- [15] 李西开.土壤农业化学常规分析方法[M].北京:科学出版社,1983:16-38.
- [16] 郭世荣,李式军,程斐,等.有机基质培在蔬菜无土栽培上的应用研究[J].沈阳农业大学学报,2000,31(1):89-92.
- [17] JIANG W J, LIU W, YU H J, et al. Dynamic change of pH and EC value in substrate culture using directly solid fertilizer instead of nutrient solution[J]. Acta Horticulturae, 2003, 609: 453-458.
- [18] 田吉林.番茄无土基质栽培的营养特征[J].上海农业学报,2001,17(3):76-79.

Study on the Laws of Nitrogen, Phosphate and Potassium Nutrient Release from Substrate and Absorption by Tomato Plants under Organic Substrate Cultivation

CHAI Xi-rong, CHENG Zhi-hui, MENG Huan-wen, LIANG Jing, LI Wei

(College of Horticulture, Northwest Agricultural and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract: The experiment was conducted to investigate the dynamic changes of nutrient absorption of tomato and releasing from the former experiment selected organic substrate(composite with rice husk, corn cob and mushroom residue in the volume proportion of 5:2:3) during the whole growth period. The results showed that the release of available nitrogen and phosphorus was basically in the same trend of stable and flat which meant the substrate could provide the nutrients timely. But the available K decreased sharply in the substrate, especially at the fruit set stage. The released nutrients of substrate and fertilizer showed that the biggest was N(819.3 mg/kg) and the smallest was K(364.5 mg/kg). But the highest nutrient absorption found was K(7.54 g/plant) and the lowest nutrient absorption was P(1.25 g/plant). The optimum ratio of NPK fertilizer for plant grown in the substrate was the ratio of 1:0.24:1.45.

Key words: tomato; organic substrate cultivation; fertilization; nutrient absorption