

设施番茄无土栽培矿质元素养分变化动态

尹秀丽,张喜春,范双喜,谷建田,陈 静,刘艳梅,孙玉娇

(北京农学院植物科学技术学院,北京 102206)

摘 要:通过无土栽培试验,测定番茄各个时期叶片中 Ca、Mg、Fe、Mn、Cu、Zn 的含量,旨在发现番茄各时期矿质元素的吸收规律。结果表明:用不同基质配方栽培,除 Mg 以外,番茄叶片中其他元素的含量没有极显著性差异。番茄叶片中的 Ca 元素在整个生长期呈先下降后迅速升高的趋势,最高出现在移栽后 180 d,为 $18.410\ 1\ \text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$,最低出现在移栽后 60 d,为 $4.789\ 8\ \text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$; Mg 元素含量在波动中上升,最高出现在移栽后 180 d,为 $30.515\ 1\ \text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$,最低出现在移栽后 60 d,为 $12.637\ 8\ \text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$; Fe 呈上升趋势,最高出现在移栽后 240 d,为 $0.478\ 7\ \text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$,最低出现在移栽后 60 d,为 $0.193\ 8\ \text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$; Mn 元素含量在波动中上升,最高出现在移栽后 240 d,为 $65.942\ 9\ \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$,最低出现在移栽后,为 $40.928\ 6\ \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$; Cu 元素含量先迅速下降,后迅速上升,最高出现在移栽后 300 d,为 $13.785\ 7\ \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$,最低出现在移栽后 240 d,为 $5.3143\ \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$; Zn 元素含量呈先升高、后降低、后期又升高的趋势,最高出现在移栽后 120 d,为 $116.8\ \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$,最低出现在移栽后 240 d,为 $26.357\ \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 。

关键词:番茄;矿质元素;吸收;基质

中图分类号:X835 文献标识码:A 文章编号:1672-2043(2010)增刊-0036-07

The Trend of Inorganic Nourishment of Tomato in Soilless Culture

YIN Xiu-li, ZHANG Xi-chun, FAN Shuang-xi, GU Jian-tian, CHEN Jing, LIU Yan-mei, SUN Yu-jiao

(Department of Plant Science & Technology, Beijing University of Agriculture, Beijing 102206, China)

Abstract: In order to discover the law of absorbing of inorganic nourishment of tomato growth in soilless culture, the Ca, Mg, Fe, Mn, Cu and Zn concentration on tomato leaf were measured in different stages. The consequence was that there was no obvious variation of these elements in different stage, except Mg. The result was that the accumulative trend of Ca was decreased, then increasing quickly. The highest content of Ca was $18.410\ 1\ \text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ after plant out 180 days; the lowest was $4.789\ 8\ \text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ after plant out 60 days. The accumulative trend of Mg was increased fluctuant. The highest content of Mg was $30.515\ 1\ \text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ after plant out 180 days; the lowest was $12.637\ 8\ \text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ after plant out 60 days. The accumulative trend of Fe was increased. The highest content of Fe was $0.478\ 7\ \text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ after plant out 240 days; the lowest was $0.193\ 8\ \text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ after plant out 60 days. The accumulative trend of Mn was increased fluctuantly. The highest content of Mn was $65.942\ 9\ \text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ after plant out 240 days; the lowest was $40.928\ 6\ \text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ after plant out. The accumulative trend of Cu was decreased quickly, and then increasing quickly. The highest content of Cu was $13.785\ 7\ \text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ after plant out 300 days; the lowest was $5.314\ 3\ \text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ after plant out 240 days. The accumulative trend of Zn was increased, then decreasing, and finally raised. The highest content of Zn was $116.8\ \text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ after plant out 120 days; the lowest was $26.357\ \text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ after plant out 240 days.

Keywords: tomato; inorganic; nourishment; absorb; substrate

收稿日期:2009-06-11

基金项目:北京市教委彩虹工程项目资助“岩棉替代基质在无土栽培上的应用”(KM200410020087);北京市教委项目“番茄抗晚疫病优良品种选育及试验示范”;北京市农委项目“名特优蔬菜新品种示范与推广”;北京市绿色食品协会项目“都市绿色农业蔬菜新品种选育”;北京市属高等学校人才强校计划资助项目

作者简介:尹秀丽(1985—),女,北京农学院蔬菜学在读硕士。E-mail: yinxiuli_0224@126.com

通讯作者:张喜春 E-mail: xichunzhang@sina.com

随着我国蔬菜生产的发展,设施蔬菜作为最具活力的新兴产业,栽培面积逐年扩增。但连茬种植、连作障碍问题日渐突出,土传病害越来越严重,土壤中的营养元素比例失调,土壤次生盐渍化逐渐加重,导致蔬菜品质下降,产量降低,严重威胁着设施蔬菜生产的可持续发展^[1]。

番茄是世界上重要的蔬菜作物之一,其独特的风味、丰富的营养吸引着越来越多的消费者。随着番茄需求量的增大,其栽培面积日渐增多,连作障碍也日渐突出。解决这一问题的方法之一就是利用无土栽培技术,目前广泛应用的水培基质等无土栽培方式,大都借助于大量的设备投入而达到高产的目的。国际无土栽培学会(ISOOSC)指出,凡是不用天然土壤,使用或不使用基质,而用营养液灌溉植物的根系,或用其他施肥方式来种植作物的方法统称为无土栽培。无土栽培技术,是根据植物生长发育的需要而发明的一种作物栽培新方法。采用这种栽培方式可实现集中供液,适合大面积、大规模种植,且省土省时,有利于实现工厂化育苗和现代化生产,具有很大的开发潜力。近年来,无土栽培在我国保护地蔬菜栽培中逐渐发展起来,在克服土传病虫害和连作障碍、减少农药用量、生产无公害蔬菜、节约用水等方面,均较土壤栽培有无可比拟的优越性^[2]。

本试验应用几种不同的轻型基质配比研究不同生长天数的番茄叶片中几种元素的养分动态变化情况,为今后设施无土栽培新型轻型基质的选择和利用、营养液的配比提供依据。

1 材料和方法

采用日本品种巍巍。于2007年7月27日播种;2007年9月1日移栽。

番茄无土栽培营养液配方按照荷兰公司提供,营养液供液采用荷兰进口无土栽培设备。营养液组成:大量元素包括N、P、K、Ca、Mg和S;微量元素包括Co、Cu、Mn和Zn;铁盐。定植后(秋季)供液方式:每日8:00—18:00,每小时供液1次,每次25 mL(每个滴针);初果期(冬季)供液方式:每日8:00—16:00,每次60 mL。盛果期(春季和夏季):每日8:00—18:00,每45 min供液1次,每次90 mL(每个滴针)。

番茄样品的取材时间从移栽后开始,即2007年9月1日开始每隔60 d取样1次,各取材时间如下:时期1为移栽后;时期2为移栽后60 d;时期3为移栽后120 d;时期4为移栽后180 d;时期5为移栽后240

d;时期6为移栽后300 d。

营养液调控软件采用PBACO 4.2。

各处理无土栽培基质配方:CK(岩棉);A(草炭:蛭石=1:2);B(草炭:珍珠岩=1:2);C(草炭:蛭石:珍珠岩=1:1:1);D(蛭石:珍珠岩=2:1);E(砂子:珍珠岩:草炭=1:1:1);F(草炭:蛭石:珍珠岩=1:2:1)。CK、A、B、C、D、E和F各为15对(30箱);CK、A、B、C、E各处理90箱加入1.8 kg石灰(为降低含有草炭基质的pH值)。

WFX-1C型原子吸收分光光度计,输出设备Sakata SP-1000型。FIA2400型流动注射仪。

2 结果与分析

2.1 番茄叶片中Ca含量变化

Ca是构成细胞壁的重要元素,它与蛋白质分子相结合,是质膜的重要组成成分;Ca是某些酶的活化剂,因而影响植物体的代谢过程,它对调节介质的生理平衡具有特殊的功能。不同基质处理下番茄叶片中Ca的含量见表1。不同时期各处理叶片中Ca的含量变化见图1。

表1 不同基质处理对番茄叶片中Ca含量的影响

Table 1 Effect of different substrates on leaf Ca concentration of tomato plant

处理	叶片中Ca含量/ $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$	差异显著性	
		0.05	0.01
CK	6.846 8	b	A
A	7.867 5	ab	A
B	8.962 9	ab	A
C	9.703 3	ab	A
D	10.415 3	a	A
E	10.465 3	a	A
F	7.113 0	b	A

从表1可以看出,处理E的叶片Ca含量最高,为 $10.465 3 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,对照组的含量最低,为 $6.846 8 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。各处理之间均无显著差异。这7种处理的番茄叶片中Ca元素的吸收量大小顺序为:E>D>C>B>A>F>CK。

从图1可以看出,各处理的吸收走势相似,均在时期4时出现吸收高峰。

从表2可以看出,时期4时Ca含量最高,为 $18.410 1 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,时期2的含量最低,为 $4.789 8 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。

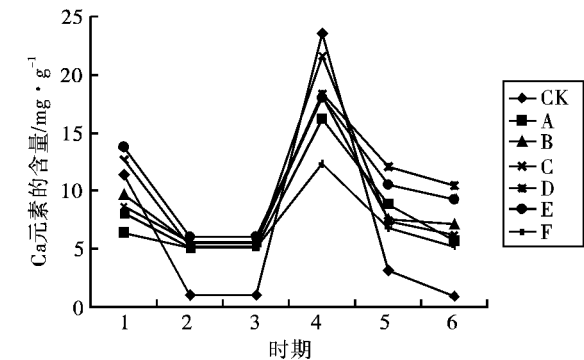


图1 不同时期对各基质处理叶片中Ca含量的影响

Figure 1 Effect of compositions of substrates on leaf Ca nourishment of different stages of tomato plant

表2 不同时期对各处理番茄叶片中Ca元素含量指标的影响
Table 2 Effect of compositions of substrates on leaf Ca nourishment of different stages of tomato plant

时期	叶片中Ca含量/ $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$	差异显著性	
		0.05	0.01
1	9.977 0	b	B
2	4.789 8	d	C
3	4.837 1	d	C
4	18.410 1	a	A
5	8.191 5	bc	BC
6	6.400 8	cd	BC

2.2 番茄叶片中Mg含量变化

镁是叶绿素的组成部分,也是许多酶的活化剂,与碳水化合物的代谢、磷酸化作用、脱羧作用关系密切。不同基质处理下番茄叶片中Mg含量见表3。

从表3可见,对照组在叶片中元素的吸收量最高,为 $33.0174\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$,处理A最低,为 14.4467

表3 不同基质处理对番茄叶片中Mg含量的影响

Table 3 Effect of different substrates on leaf Mg concentration of tomato plant

处理	叶片中Mg含量/ $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$	差异显著性	
		0.05	0.01
CK	33.017 4	a	A
A	14.446 7	c	C
B	23.554 2	b	B
C	19.864 6	bc	BC
D	19.107 3	bc	BC
E	20.029 7	b	BC
F	22.029 7	b	BC

$\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$,这7种处理的番茄叶片中Mg元素的吸收量大小顺序为:CK>B>F>E>C>D>A。对照组在1%显著水平上存在极显著性差异,处理B与其他处理间存在极显著差异,其他处理之间均无差异。

从图2可以看出,除处理A外,其他各处理走势均相似,均是时期1的Mg含量高于时期2,而处理A与其他处理相反。

从表4可以看出,时期4的Mg含量最高,为 $30.5151\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$,时期2的Mg含量最低,为 $12.6378\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 。

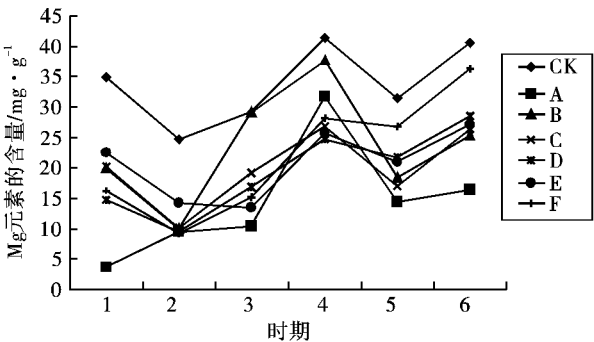


图2 不同时期对各基质处理叶片中Mg含量的影响

Figure 2 Effect of compositions of substrates on leaf Mg nourishment of different stages of tomato plant

表4 不同时期对各处理番茄叶片中Mg元素含量指标的影响
Table 4 Effect of compositions of substrates on leaf Mg nourishment of different stages of tomato plant

处理	叶片中Mg含量/ $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$	差异显著性	
		0.05	0.01
1	18.842 1	b	BC
2	12.637 8	b	C
3	18.957 4	b	BC
4	30.515 1	a	A
5	21.204 6	b	B
6	28.629 0	a	A

2.3 番茄叶片中Fe含量变化

铁在植物中的含量不多,通常为干物重的千分之几,但却是形成叶绿素所必需的。不同基质处理下番茄叶片中Fe含量见表5。

从表5可见,各处理叶片中Fe元素的吸收量相差不多,其中对照组最高,为 $0.3549\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$,处理A最低,为 $0.277\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$,这7种处理的番茄叶片中Fe元素的吸收量大小顺序为:CK>A>B>E>D>F>C。对照组显著高于其他处理,其他各处理之间没有极显著差异。

表 5 不同基质处理对番茄叶片中 Fe 含量的影响

Table 5 Effect of different substrates on leaf Fe concentration of tomato plant

处理	叶片中 Fe 含量/ $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$	差异显著性	
		0.05	0.01
CK	0.354 9	a	A
A	0.320 9	ab	AB
B	0.309 5	b	AB
C	0.277 0	b	B
D	0.291 9	b	B
E	0.298 4	b	AB
F	0.289 9	b	B

从图 3 可以看出,各处理的吸收走势基本相同,各处理均在时期 5 时出现最高值,没有明显的最低值出现。

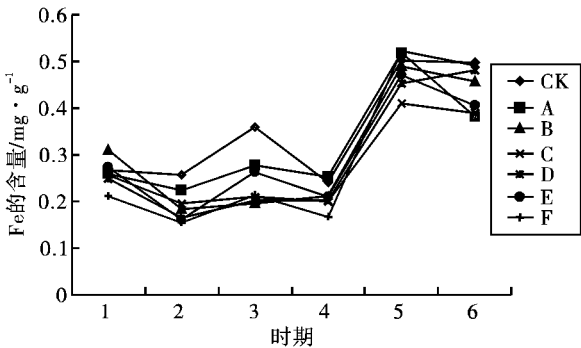


图 3 不同时期对各基质处理叶片中 Fe 含量的影响

Figure 3 Effect of compositions of substrates on leaf Fe nourishment of different stages of tomato plant

从表 6 可知,在叶片中 Fe 元素吸收量的最高值出现在时期 5,最低值出现在时期 2,时期 4 仅次于时期 1 也很低,时期 5、6 极显著高于其他时期。

表 6 不同时期对各处理番茄叶片中 Fe 元素含量指标的影响

Table 6 Effect of compositions of substrates on leaf Fe nourishment of different stages of tomato plant

处理	叶片中 Fe 含量/ $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$	差异显著性	
		0.05	0.01
1	0.258 8	b	B
2	0.193 8	d	C
3	0.245 1	bc	BC
4	0.215 7	cd	BC
5	0.478 7	a	A
6	0.444 4	a	A

2.4 番茄叶片中 Mn 含量变化

锰是活性氧自由基清除酶超氧化物歧化酶(SOD)的重要辅助因子,锰对植物的生理作用是多方面的。不同基质处理下番茄叶片中 Mn 含量见表 7。

从表 7 可以看出,处理 C 的叶片中 Mn 元素的吸收量最高,为 $54.066 7 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$,处理 D 的吸收量最低,为 $49.716 7 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$,这 7 种处理的番茄叶片中 Mn 元素的吸收量大小顺序为: $C > B > A > F > CK > E > D$ 。各处理之间没有显著性差异。

表 7 不同基质处理对番茄叶片中 Mn 含量的影响

Table 7 Effect of different substrates on leaf Mn concentration of tomato plant

处理	叶片中 Mn 含量/ $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	差异显著性	
		0.05	0.01
CK	52.116 7	a	A
A	53.066 7	a	A
B	53.600 0	a	A
C	54.066 7	a	A
D	49.716 7	a	A
E	50.316 7	a	A
F	52.483 3	a	A

从图 4 可以看出,处理 E、F 的吸收曲线基本一致,处理 B、C 的吸收曲线比较平滑,直线上升。处理 A 在时期 3、5 出现两个吸收高峰。

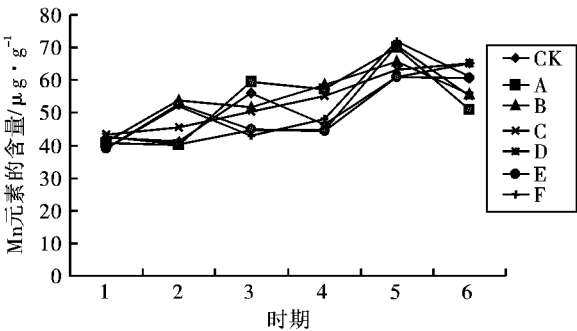


图 4 不同时期对各基质处理叶片中 Mn 含量的影响

Figure 4 Effect of compositions of substrates on leaf Mn nourishment of different stages of tomato plant

从表 8 可知,在叶片中 Mn 元素吸收量的最高值出现在时期 5,为 $65.942 9 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$,最低值出现在时期 1,为 $40.928 6 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 。时期 5 和 6 极显著高于其他时期,时期 1 极显著低于其他时期。

2.5 番茄叶片中 Cu 含量变化

铜是作物体内多种氧化酶的组成成分,因此在氧

化还原反应中铜有重要作用。不同基质处理下番茄叶片中 Cu 的含量见表 9。

表 8 不同时期对各处理番茄叶片中 Mn 元素含量指标的影响

Table 8 Effect of compositions of substrates on leaf Mn nourishment of different stages of tomato plant			
处理	叶片中 Mn 含量/ $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	差异显著性	
		0.05	0.01
1	40.928 6	d	C
2	46.685 7	cd	BC
3	49.828 6	c	B
4	50.128 6	c	B
5	65.942 9	a	A
6	59.657 1	b	A

表 9 不同基质处理对番茄叶片中 Cu 含量的影响

Table 9 Effect of different substrates on leaf Cu concentration of tomato plant			
处理	叶片中 Cu 含量/ $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	差异显著性	
		0.05	0.01
CK	7.666 7	ab	A
A	7.183 3	b	A
B	8.416 7	ab	A
C	8.150 0	ab	A
D	9.283 3	ab	A
E	8.083 3	ab	A
F	10.050 0	a	A

从表 9 可见,处理 F 叶片 Cu 元素的吸收量最高,为 $10.050\ 0\ \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$,处理 A 最低,为 $7.183\ 3\ \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$,这 7 种处理番茄叶片中 Cu 元素的吸收量大小顺序为:F>D>B>C>E>CK>A。这 7 种处理在 1% 显著水平上均无显著性差异。

从图 5 可以看出,各处理的吸收曲线走势相似,处理 C 不同于其他处理之处是时期 1 的 Cu 含量高于时期 2。

从表 10 可以看出,在叶片中 Cu 元素吸收量的最高值出现在时期 6,最低值出现在时期 4,另外时期 4 也很低。时期 6 极显著高于其他时期。

2.6 番茄叶片中 Zn 含量变化

锌是植物某些酶的组成元素,锌也是促进一些代谢反应必需的。不同基质处理下番茄叶片中 Zn 含量见表 11。

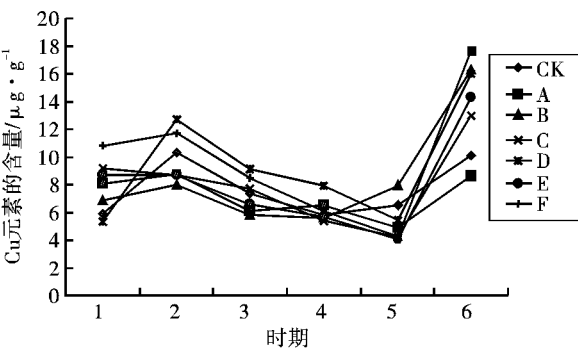


图 5 不同时期对各基质处理叶片中 Cu 含量的影响

Figure 5 Effect of compositions of substrates on leaf Cu nourishment of different stages of tomato plant

表 10 不同时期对各处理番茄叶片中 Cu 元素含量指标的影响

Table 10 Effect of compositions of substrates on leaf Cu nourishment of different stages of tomato plant			
处理	叶片中 Cu 含量/ $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	差异显著性	
		0.05	0.01
1	7.857 1	c	BC
2	9.957 1	b	B
3	7.328 6	cd	BC
4	6.185 7	cd	C
5	5.314 3	d	C
6	13.785 7	a	A

表 11 不同基质处理对番茄叶片中 Zn 含量的影响

Table 11 Effect of different substrates on leaf Zn concentration of tomato plant			
处理	叶片中 Zn 含量/ $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	差异显著性	
		0.05	0.01
CK	64.700 0	a	A
A	72.383 3	a	A
B	81.300 0	a	A
C	74.533 3	a	A
D	78.333 3	a	A
E	77.783 3	a	A
F	78.950 0	a	A

从表 11 可以看出,处理 B 在叶片中 Zn 元素的吸收量最高,为 $81.300\ 0\ \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$,对照组最低,为 $64.700\ 0\ \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$,这 7 种处理番茄叶片中 Zn 元素的吸收量大小顺序为:B>F>D>E>C>A>CK。各处理之间无显著性差异。

从图 6 可看出,各处理的走势相似,均在时期 1、5 出现明显的低值,在时期 3、6 出现明显的高值。

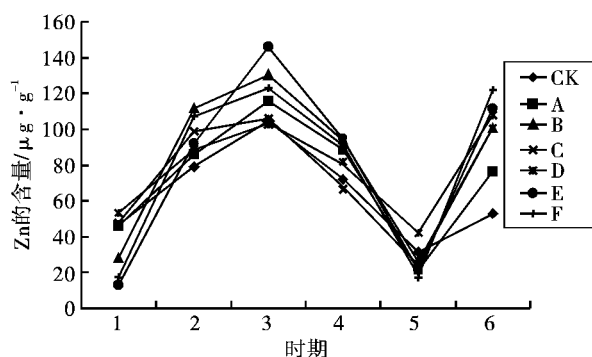


图6 不同时期对各基质处理叶片中Zn含量的影响

Figure 6 Effect of compositions of substrates on leaf Zn nourishment of different stages of tomato plant

从表12可知,在叶片中Zn元素吸收量的最高值出现在时期3,继而出现下降的趋势,在时期5出现最低值,而后在时期6又出现了一个次高峰。

表12 不同时期对各处理番茄叶片中Zn元素含量指标的影响

Table 12 Effect of compositions of substrates on leaf Zn nourishment of different stages of tomato plant

处理	叶片中Zn含量/ $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	差异显著性	
		0.05	0.01
1	36.285 7	c	C
2	94.585 7	b	AB
3	116.800 0	a	A
4	84.042 9	b	B
5	26.385 7	c	C
6	94.800 0	b	AB

3 结论与讨论

3.1 钙和镁

Ca不仅是植物必需的大量元素,而且作为偶联胞外信号与胞内生理反应的第二信使,还参与植物外界的反应和适应,在调节植物细胞对逆境环境胁迫信号转导过程中起着重要的作用。植物缺Ca时,植株矮小,根系发育不良,茎和叶及根尖的分生组织受损。严重缺Ca时,植物幼叶卷曲,新叶抽出困难,叶尖之间发生粘连现象,叶尖和叶缘发黄或焦枯坏死,根尖细胞腐烂死亡。应该注意的是,植物缺Ca往往不是由于土壤缺钙,而是植物内Ca的吸收和运输等生理作用失调所造成。

Mg既能促进叶绿素的形成,提高光合效率,又能促进碳水化合物的代谢,也参与脂肪和氮的代谢,促

进植物的生长发育。植物缺Mg时的症状首先表现在老叶上。开始时,叶的尖端和叶缘的脉尖色泽退淡,由淡绿变黄再变紫,随后向叶基部和中央扩展,但叶脉仍保持绿色,在叶片上形成清晰的网状脉纹;严重时叶片枯萎、脱落,幼嫩组织的发育受到影响,植株矮小,生长缓慢,叶片失绿呈花叶状。

在本试验中,不同基质处理对番茄叶片中的Ca和Mg含量没有极显著性差异,在不同时期番茄叶片中的Ca和Mg含量变化趋势很相似,即都在波动中上升而后略有下降。这是由于在生长前期,Ca和Mg随着蒸腾液进入叶片,并随着叶面积的增大含量也增加,进入果实发育时期,由于果实的迅速发育,对Ca和Mg的竞争增强,分配到叶片中的Ca和Mg降低。这与夏仁学、李保国等的结论一致^[3-4],而与杨光等略有不同,在杨光等的研究中,木瓜叶片中Ca和Mg的变化是在波动中上升,在生长后期含量不下降^[5]。

3.2 铁和锰

Fe与植物体内的碳素同化能力有关,缺铁时便产生缺绿症,叶子呈淡黄色,甚至为白色。铁还参与细胞的呼吸作用,在细胞呼吸过程中,它是一些酶的成分。由此可见,铁对呼吸作用和代谢过程有重要作用。铁在植物体中的流动性很小,老叶子中的铁不能向新生组织中转移,因而它不能被再度利用。因此缺铁时,下部叶片常能保持绿色,而嫩叶呈现失绿症。

Mn与许多酶的活性有关。它是多种酶的成分和活化剂,能促进碳水化合物的代谢和氮的代谢,与作物生长发育和产量有密切关系。锰与绿色植物的光合作用(光合放氧)、呼吸作用以及硝酸还原作用都有密切的关系,缺锰时,植物光合作用明显受到抑制。锰能加速萌发和成熟,增加磷和钙的有效性。缺锰症状首先出现在幼叶上,表现为叶脉间黄化,有时出现一系列的黑褐色斑点。在高有机质土壤和锰含量较低的中性到碱性土壤中最常发生^[6-7]。

在本试验中,不同基质处理间番茄叶片Fe和Mn含量没有极显著差异,Fe和Mn的变化趋势相似,即含量在波动中上升。由于Fe和Mn在植物体内是随着蒸腾液流入到各个器官,两种元素在叶片内不易移动,所以随着叶面积的增加,两种元素的含量也不断增加。本结论与毛永民等^[7]的结论相同,而与杨光等^[5]的不完全相同,在杨光等的研究中,叶片中铁含量在生长前期多次波动,随后呈下降趋势,而锰的变化趋势与本试验相似。

3.3 铜和锌

Cu 参与植物的呼吸作用,影响到作物对铁の利用,在叶绿体中含有较多的铜,因此铜与叶绿素形成有关。不仅如此,铜还具有提高叶绿素稳定性的能力,避免叶绿素过早遭受破坏,这有利于叶片更好地进行光合作用。缺铜时,叶绿素减少,叶片出现失绿现象,幼叶的叶尖因缺绿而黄化并干枯,最后叶片脱落。缺铜也会使植物的繁殖器官的发育受到破坏^[8]。

锌对于叶绿素生成和形成碳水化合物是必不可少的。果树缺锌在我国南北方均有所见,除叶片失绿外,在枝条尖端常出现小叶和簇生现象。称为“小叶病”。严重时枝条死亡,产量下降。在北方常见有苹果树和桃树缺锌,而南方柑桔缺锌现象较普遍。此外,梨、李、杏、樱桃、葡萄等也可能发生缺锌。水稻缺锌表现为“稻缩苗”,玉米白苗有时也是缺锌所引起的。土壤含锌从每公顷几百克到几万克,细质地土壤通常比砂质土壤含锌高。随着土壤 pH 升高,锌对植物生长的有效性降低。缺锌和严重缺锌的玉米叶片叶脉间失绿呈现清晰的黄绿色条纹,症状主要出现在中脉与叶缘之间,严重缺锌的出现浅棕色条状坏死组织,叶缘及中脉两旁仍保持绿色。

在本试验中,Cu 和 Zn 的变化趋势相似,即先升高,然后降低,最后再升高,呈 N 走势。两元素的差别在于:叶片中 Cu 元素在时期 2 时含量就开始下降,而 Zn 元素是从时期 3 开始下降。

本结论与毛永民等^[9]结论相同,与王涛^[10]、杨光^[5]、戴文圣等^[11]的结论有差异:在王涛的结论中,

Zn 元素含量呈 M 走势,即在生长后期含量下降,这可能是由于梨树叶片在脱落之前养分回流到茎叶中所致;在杨光等的研究中,Zn 的含量在整个生长季总体呈下降的趋势;在戴文圣等的研究中,桃叶片中的 Cu 和 Zn 元素含量也是呈下降的趋势。

参考文献:

- [1]刘仲齐,薛俊,张要武.番茄分子连锁图谱的发展和分子标记辅助育种[J].天津农业科学,2004,10(1):37-40.
- [2]汪羞德,乔红霞,王方桃,等.滴灌专用肥对设施蔬菜生育与吸肥规律影响研究[J].农业工程学报,2002,18(增刊):111~113.
- [3]夏仁学,马梦亭,贺立元.板栗叶片矿质元素含量及年周期变化的研究[J].91(2):1-6.
- [4]李保国,徐爱春,齐国辉,等.红富士苹果叶片主要矿质元素含量变化规律研究.河北林果研究[J].2009,21(3):296-299.
- [5]杨光,简坤,史继孔.木瓜叶片矿质元素含量分析[J].中国果树,2005(1):17-19.
- [6]任志雨.植物铁营养与铁营养效率的研究进展[J].张家口农专学报,1999,15(2):47-49.
- [7]孙薇,杨晓虹,周小平.锰超氧化物歧化酶模拟物的研究进展[J].中国药物化学杂志,2005,15(1):55-60.
- [8]田生科,李廷轩,杨肖娥,等.植物对铜的吸收运输及毒害机理研究进展[J].土壤通报,2006,37(2):387-394.
- [9]毛永民,申莲英,王永蕙,等.不同树势婆罗叶片矿质元素含量及其周期变化的研究[J].河北农业大学学报,1991,14(4):15-19.
- [10]王涛,冯先桔,林媚,等.大棚栽培对翠冠梨叶片和果实矿质元素吸收与积累的影响[J].浙江农业学报,2008,20(3):190-194.
- [11]戴文圣,王白坡,钱银才.桃叶片和果实矿质元素含量[J].浙江林学院学报,1994,11(3):247-252.