有机生态型无土栽培营养特点及其生态意义

白纲义
(北京市海淀农科所 100081)

摘 要 有机生态型无土栽培植物所需的营养元素,可以全部经农副产物及其废弃物的生物转化而得到,改变了以无机盐配成营养液的传统无土栽培方式,使之纳入有机农业。通过试验证实了有机生态型无土栽培的营养特点,并指出这是符合生产"绿色食品"的经济有效途径。

关键词 有机生态 无土栽培

1 无土栽培的发展进程

自古以来,"万物土中生"是人类认识生存条件而得出的结论。在自然界植物生长发育所需要的各种营养物质,几乎全部来自土壤。但人们利用土壤不当,如多年重茬连作,可加重病、虫危害及根分泌有毒物质的积累;施肥单一或过多导致土壤养分失衡、盐渍化等等,凡所形成的土壤障碍,不仅是土壤营养问题,也包括土壤生物、土壤物理等性状的全面恶化,将成为"有土无物生",要经多年花费大量人力、物力才能改良土壤,恢复原有生产力。那么,能否"无土生万物"?

原始的无土栽培在我国历史悠久,早年江、浙等地船民世代相传,以竹或木构成网架,用绳系在船尾部在上种菜,根系伸延至网眼下吸收水中养分,网架随船移动,成为水上流动菜园。

在国外,19 世纪的 1859～1865 年,德国科学家萨克斯(Sachs)和克诺普(Knop)研究出以多种无机化合物配成营养液,内含植物所需的各种营养元素,成为在试验室内首创植物生长不用土壤的水培法。

进入 20 世纪的 1935 年,美国格里克氏(Gericke)指导进行蔬菜和花卉无土栽培的生产试验。到 40 年代的二战时期及战后由于军事需要,才有较大规模的无土栽培生产基地。自 50 年代始,随着现代科技的进步及物质经济的增长,无土栽培的设施不断得到改进与完善,并发展成诸多方式的无土栽培技术,其中以有固体基质的无土栽培类型,应用面积日益扩大,远远超过了传统的无基质水培的无土栽培。尽管无土栽培有诸多类型,设施各异,但 1 个多世纪以来,仍未改全靠以各种无机盐配成的全元素营养液为植物生长发育所需的营养源,只是营养液配方有所改进,形成多种多样通用或专用的配方,其中以美国霍格兰氏(Hoagland)的配方得到广泛应用。目前在经济比较发达的国家均有数百至数千公顷无土栽培,进行大规模农产商品化的生产。

进入 20 世纪 80 年代,全球更加关注有机农业,它不仅是人类为生存考虑可持续发展的问题,也与日益靠增施无机化肥增产,特别是氮化肥施用量过多,导致农产品品质下降,并有害于人体健康的问题有关。故在国际上以及我国明确制定出"施用有机肥,限施化肥,尤其严格不施硝态氮化肥的绿色食品生产标准"。显然,以多种无机盐,尤其是硝态氮要占施氮总量达 90 %所配成营养液的

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

无土栽培,其农产品均够不上"绿色食品"档次。因此,如何使属于纯无机农业的无土栽培纳入有机农业中,是当前亟待解决的课题。当深入研究时,首先应明确无土栽培的主旨是不用土壤,至于提供植物生长所需的营养物质,是无机物还是有机物应当是没有区别的,因用有机物作为营养源,虽然不同于无机盐是全部可溶的有效养分,但经过生物转化、分解,是能不断释放有效养分的,同样可供植物吸收利用。其次应明确无土栽培的供肥方式,用无机盐配成营养液可直接供植物吸收利用,而有机物是不能全部溶解,只能以固态状存在,但在有水灌溉状况下,可溶解释放出一定量的有效养分,随着不断的供水,从固态有机物溶解出的有效养分可不间断地供植物吸收,所以液态肥(无机营养液)不是无土栽培供肥的唯一方式。仅需明确此两点,而不是停止在固有观念中,就可解决无土栽培有机化的问题,从而为无土栽培走向有机农业开辟了道路。无土栽培同其它事物一样,均应随着时代进步与需要而向前发展,传统无土栽培营养源的改进,是顺应21世纪人们对有机农业的需要;对绿色食品的需要;对环保与资源开发的需要。

2 有机生态型无土栽培与传统无土栽培的区别

无土栽培的营养源,对于有机生态型无土栽培与传统无土栽培来讲,有着不同的认识。传统无土栽培认为营养液(施肥)是唯一营养来源;而有机生态型无土栽培则认为除施肥外,用农业副产有机物质(秸秆等)配成的栽培固体基质也是重要营养来源之一,故进行有机生态型无土栽培,首先是配制适合生态农业要求的植物营养基质,它是构成植物营养物质的基础,从下表试验结果可得到证明。

表1 有机生态型无土栽培番茄(卡鲁索)试验 (1995年)

基质类型	栽培时期(定植期～拉秧期)/d	产量/kg·(667 m²)⁻¹ 不施肥	产量/kg·(667 m²)⁻¹ 施有机肥	基质中含三要素养分量/kg·(667 m²)⁻¹ N	P_2O_5	K_2O
A	(3月1日～6月20日)112	2164.8	6261.2			
天然有机物	(8月18日～12月4日)108	1898.4	3752.0	33.166	4.160	28.785
(草炭等)	两茬合计	4063.2	10013.2			
B	(3月1日～6月20日)112	618.2	4059.0			
农产有机物	(8月18日～12月4日)108	840.0	3438.4	14.281	2.232	30.577
(秸秆等)	两茬合计	1458.2	7497.4			

注:不同的秸秆及配比量所配的基质养分可有较大差异,B基质属于养分较低类型

从表1可看出:①番茄产量不仅取决于施肥量,还与栽培基质养分的基础有关,故基质A的产量高于基质B;②有机生态基质养分的高低对施肥增产幅度大小有反相关性,故基质B施肥增产幅度大于基质A。以上两点充分说明有机生态基质是无土栽培营养源的重要组成部分,有机基质不仅可提供养分,同时由于有机物所具有的强吸收性能和缓冲作用,使得在施固态有机肥时,可起到调节养分供应的重要作用。

有机生态型无土栽培是建立在充分利用农业生态系统中有机物质资源的基础上,其物质的投入与产出,物质的循环与积累均从属于农业生态系统的存在与发展。所用的有机物质完全是农业内部种植业与养殖业的副产品及某些废弃物,从图1可了解到有机生态型无土栽培所需有机物质的来源途径及其循环转化过程。有机物质资源极其丰富,相对价格极低廉,以此为原料配制的有机基质及肥料,所含养分齐全,虽然都为固态,在供应水分的状态下,且有着光、热、气外部条件,形成适于栽培作物生长的生态环境,同时有

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

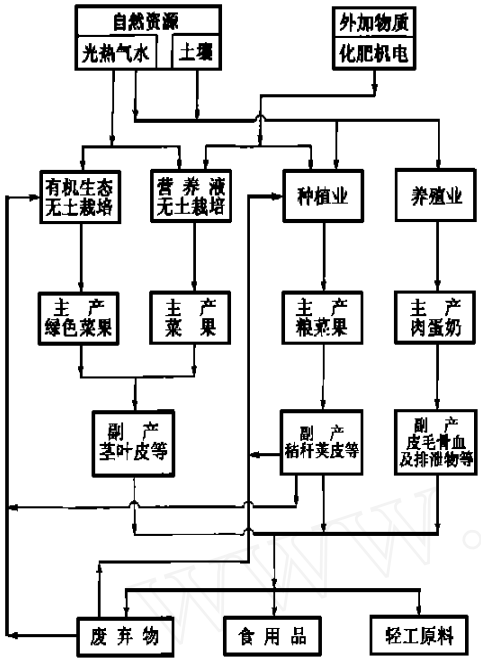


图 1　农业生态系统中物质的转化

机基质及肥料经生物转化,所含营养物质得以分解释放,供作物吸收利用。因此无需将肥料配成营养液,也就省去了配制、贮存、输送、控制、检测等诸多设施,更省去了相应运行所需的能源消耗与人力。而营养液传统无土栽培所需的营养物质,全要依靠化工部门生产,在配制营养液时不仅要考虑各种无机盐的比例,还要因溶解度而考虑所用无机盐的种类。因此,所需的各种营养元素,不能完全以农业用比较廉价的化肥配制营养液,而要用化工原料以及化学纯级的化学试剂,更要为保证微量元素中铁等金属元素稳定有效性,还要用 EDTA - 2Na 等试剂配成金属螯合物溶液,配营养液的原料价格贵、成本高,故以营养液为营养源的肥料费用是有机生态型肥料费用的 6～10 倍,如再加上设施及能耗等成本费用,两者相差更多。两者在对生态环境的影响上同样存在较大差异,有机生态型无土栽培采取滴灌方式,灌水量低于有机基质饱和含水量,不存在有多余水分需排放的问题,所用的有机基质经多年利用〔一般 5 a(年)左右〕后须更新,换下的基质可作为有机肥料施用于土壤供大田作物利用,不会产生污染,为全过程的绿色生产。而营养液无土栽培所用的营养液,因植物吸收、根系分泌物及脱落物的影响,所产生的化学反应及微生物分解均会导致养分浓度、pH 等的改变,进而引起某些营养元素的无效,虽然可通过添加某些亏损较多的养分及用酸、碱加以调节,但一般经 3～4 个月的循环使用后,总要将此营养液排放更新,排出废液中所含氮、磷量,尤其是 $N-NO_3^-$ 有可能污染环境,如为开放式营养液不循环利用则更会污染环境。此外,如固体基质采用岩棉,则更新下的旧岩棉块,也是不易处理的废弃物。

3　有机生态型无土栽培的基质来源及营养特点

农业副产有机物及某些废弃物种类极其广泛,都含有植物生长所需的各种养分,但含量有多有少且有机物分解速度不同,这些都是配制有机基质所要考虑的基本条件。为了调节有机物的正常分解,使有机基质的物理状况更有利于植物根系生长,应加入一定量的天然无机物质或矿产废弃物,在不同地区都有着在当地来源广、价廉易得、可作为配制基质的原料,例如:河砂、燃烧过的煤炉渣、煤矸石等等。所加入的无机物不仅调节基质的物理性状,也或多或少含有植物生长所需的各种养分可供利用。在有机物中除来自农副产品外,尚有林产废弃有机物如树皮、锯末,以及天然有机物草炭,都可成为配制有机基质的原料(表 2)。当开发利用这些资源时,应首先考虑利用农产与林产有机物,因这些属于可再生的资源,而天然有机物草炭是可耗竭的资源,此外草炭资源可露天方便开采的较少,大多埋藏于地下,要增加开采费用及带来地貌被破坏与恢复治理的费用。表 2 列出了几种有机物及无机物的养分含量。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 2　常见天然与农、林副产有机物及无机物的养分含量

名　称	%						mg·kg⁻¹					
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Zn	Cu	Mo	B
草　炭	1.435	0.150	0.160	1.024	0.120	0.455	9390	194	48.8	9.7	10.00	19.93
草　炭	0.475	0.181	0.147	1.240	0.392	0.292	6920	183	24.8	11.0	28.50	7.52
玉米秸秆	0.880	0.253	1.030	0.467	0.326	0.330	1530	49	16.9	6.2	4.19	7.17
玉米秸秆	0.772	0.108	0.862	0.242	0.348	—	313	21	27.1	9.2	—	—
葵花秸秆	0.416	0.102	1.170	0.924	0.458	0.293	595	283	10.7	9.7	4.05	16.30
锯　末	0.084	0.028	0.132	0.455	0.029	0.048	78	38	4.2	2.9	1.12	5.10
树　皮	0.254	0.104	0.170	1.690	0.392	—	8910	464	55.2	39.0	—	—
消毒鸡粪	2.060	1.290	1.100	9.470	1.330	1.390	2610	247	162.0	22.0	5.32	49.60
鸡　粪	2.135	1.546	1.187	11.000	1.321	0.804	5490	197	246.0	27.5	13.04	37.48
鸡　粪	5.502	0.714	1.681	5.730	0.923	0.624	1546	315	205.0	55.8	9.80	35.02
豆　饼	6.880	0.592	1.300	0.224	0.285	0.776	327	37	36.7	24.6	3.84	24.30
煤炉渣	0.138	0.037	0.208	0.350	0.074	0.634	11700	242	10.9	10.7	11.80	19.00
煤炉渣	0.226	0.115	0.110	1.560	0.244	—	17600	258	48.0	34.6	—	38.60

注：—为未测定

从上表可看出，不同有机物养分含量高低有别，同一物品由于产地、品种以及采样等原因养分含量也不一样。配有机基质时因所用有机物配比量不同，故配制出的有机基质养分含量可能有差别。

现将用不同类型有机物配制的有机基质，并施用不同营养类型肥料的条件下，进行的试验报道于下，可为应用有机生态无土栽培技术规模化生产作参考。

试验设两种有机基质：①A 型，用天然有机物草炭及无机煤炉渣混配的基质；②B 型，用农、林产有机物，采用两种秸秆加锯末及无机煤炉渣混配的基质。

3 种营养类型：①全施有机肥，用消毒鸡粪及豆饼；②施有机肥加无机肥，用消毒鸡粪加无机氮、磷、钾化肥；③全施无机氮、磷、钾化肥。施肥量只是按 3 种营养类型的肥料中氮、磷元素量相接近，其它元素则随所施肥料量中含量而定，有多有少。

试验重复 3 次，2 种基质、3 种营养类型，共设 18 个小区，每小区面积 6.67 m^2，实际栽培面积为长 3.6 m ×宽 0.48 m = 1.728 m^2，双行栽番茄(卡鲁索)，每小区 28 株。养分投入部分仅测定有机肥的各种元素含量，无机化肥养分较恒定，均按标定量。基质养分是分别测定所用原料，据配比量计算出各种元素含量。养分产出部分，除分期收获番茄果实，并收集生长期中修下的侧枝叶及收获后的茎、叶、根，将果实与茎、叶、根分别测定各种养分含量，经计算得出生产番茄摄取各种元素量。现将第 1 茬(1996 年 2 月 16 日～7 月 5 日)试验结果列于表 3。

从表 3 结果可得出以下结论：

①在两种有机基质的基础上，3 种营养类型所形成番茄产量较为接近，表明在此种营养水平下，均可达到春茬番茄每 667 m^2产 8 500～9 000 kg。在延续的试验中(到 1999 年春茬已进行 7 茬)，同样表现各处理之间番茄产量相差不大，但在年度之间由于气候及管理水平的差异，在整体上产量水平有高有低，如 1998 年春茬番茄每 667m^2产量达 10 000～12 000 kg。

②全施有机肥是属于有机全元素肥料，虽然有机肥料要有一个不断分解、不断释放速效养分的过程，但在本试验中的施肥量及速效养分释放量，能充分供应作物生长需要，

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 3　有机生态型无土栽培基质及肥料中的养分与番茄利用量

基质类型	营养类型	番茄产量 kg	养分来源与利用		大量元素/kg·(667 m²)⁻¹ N	P	K	Ca	Mg	S	微量元素/g·(667 m²)⁻¹ Fe	Mn	Zn	Cu	Mo	B
	全有机	9072.00	养分来源	基质中	26.138	8.317	25.742	67.140	17.365	74.719	141564.0	3023.76	175.932	140.676	194.424	220.968
				肥料中	31.080	9.403	12.320	59.250	9.637	10.944	1770 0	214.34	108.882	21.528	5.000	39.338
				合　计	57.218	17.720	38.062	126.390	27.002	85.663	143334.0	3238.10	284.814	162.204	199.424	260.306
			番茄利用	养分量	18.545	2.450	11.633	11.053	7.342	8.908	97.479	37.831	30.937	3.966	2.632	32.308
				占养分来源/%	32.41	13.82	30.56	8.74	27.19	10.40	0.068	1.17	10.86	2.44	1.32	12.41
A	有机＋无机	8251.04	养分来源	基质中	26.138	8.317	25.742	67.140	17.365	74.719	141564.0	3023.76	175.932	140.676	194.424	220.968
				肥料中	33.100	10.670	30.180	28.410	3.990	40.650	783.0	74.10	48.600	6.600	1.596	14.880
				合　计	59.238	18.987	55.922	95.550	21.355	115.369	142347.0	3097.86	224.532	147.276	196.020	235.848
			番茄利用	养分量	20.849	2.711	15.693	8.439	6.152	19.395	98.989	78.620	42.470	3.923	2.853	44.133
				占养分来源/%	35.19	14.28	28.06	8.83	28.81	16.81	0.069	2.54	18.92	2.66	1.46	18.71
	全无机	8830.36	养分来源	基质中	26.138	8.317	25.742	67.140	17.365	74.719	141564.0	3023.76	175.932	140.676	194.424	220.968
				肥料中	31.360	10.400	38.640	—	—	42.960	—	—	—	—	—	—
				合　计	57.498	18.717	64.382	67.140	17.365	117.679	141564.0	3023.76	175.932	140.676	194.424	220.968
			番茄利用	养分量	21.794	2.774	17.345	8.341	5.170	17.997	100.036	68.414	33.364	3.625	3.501	39.013
				占养分来源/%	37.90	14.82	26.94	12.42	29.78	15.29	0.071	2.26	18.96	2.58	1.80	17.66
	全有机	8566.04	养分来源	基质中	31.208	5.937	29.844	25.550	10.143	41.382	44405.7	1085.72	72.072	53.387	50.947	88.262
				肥料中	31.080	9.403	12.320	59.250	9.637	10.944	1770.0	214.34	108.882	21.528	5.000	39.338
				合　计	62.288	15.340	42.164	84.809	19.780	52.326	46175.7	1300.06	180.954	74.915	55.947	127.600
			番茄利用	养分量	18.757	2.880	13.621	10.700	7.344	9.341	91.559	24.534	33.012	5.630	2.684	33.367
				占养分来源/%	30.11	18.78	32.30	12.62	37.13	17.85	0.198	1.89	18.24	7.51	4.80	26.15
B	有机＋无机	8795.50	养分来源	基质中	31.208	5.937	29.844	25.550	10.143	41.382	44405.7	1085.72	72.072	53.387	50.947	88.262
				肥料中	33.100	10.670	30.180	28.410	3.990	40.650	783.0	74.10	48.600	6.600	1.596	14.800
				合　计	64.308	16.607	60.024	53.960	14.133	82.032	45188.7	1159.82	120.672	59.987	52.543	103.142
			番茄利用	养分量	22.330	4.304	15.531	8.671	6.111	13.140	83.227	40.993	38.955	5.170	1.910	32.381
				占养分来源/%	34.72	25.92	25.87	16.07	43.24	16.02	0.184	3.53	32.28	8.62	3.63	31.39
	全无机	9136.75	养分来源	基质中	31.208	5.937	29.844	25.550	10.143	41.382	44405.7	1085.72	72.072	53.387	50.947	88.262
				肥料中	31.360	10.400	38.640	—	—	42.960	—	—	—	—	—	—
				合　计	62.568	16.337	68.484	25.550	10.143	84.342	44405.7	1085.72	72.072	53.387	50.947	88.262
			番茄利用	养分量	21.365	4.092	15.114	10.670	6.018	14.777	120.191	45.864	40.521	4.216	3.094	38.060
				占养分来源/%	34.15	25.05	22.07	41.76	59.34	17.52	0.271	4.22	56.22	7.90	6.07	43.12

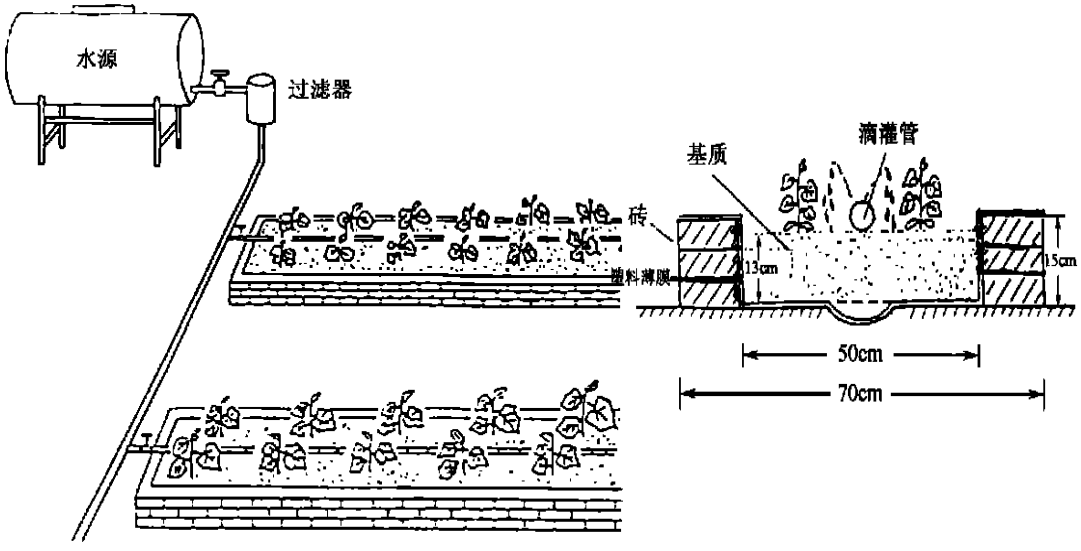
才能获得现有产量。由于不施用任何化肥,其农产品质量可达到 AA 级绿色食品的标准。

③有机、无机肥相结合的营养类型,有机肥施用量较全施有机肥的量少,加施了氮、磷、钾无机化肥。这种营养类型较易被生产者接受:一是产量不低;二是生产成本较低(等氮量有机肥比无机肥价格高);三是所施无机氮化肥采用铵态氮化肥,适合生产 A 级绿色食品规定的标准。

④全施无机肥是只施氮、磷、钾三元素无机化肥,其它营养元素均依靠有机基质中所含养分供应,这种营养类型产量不低,生产成本低,但农产品达不到绿色食品等级。

⑤本试验除施氮、磷、钾三元素量基本相同,其它各种营养元素的施入量与施肥类型有关,以全施有机肥的各种营养元素都为最多;其次为有机、无机肥结合类型的;而全施无机肥类型的,则除硫元素(为施氮、钾化肥中的副成分)外,其它营养元素都是最少的。

由于养分的施入量不同,将使因产出番茄所摄取养分量占施入养分量的比例不同,凡占施入量比例大的意味着剩余养分量就少,但这仅是计算的结果,尚不能说明全部实际情况,例如,B 基质中全施无机肥的,其中钙、镁、锌、硼等元素摄取量占施入量达 40 % 以上,如按此推算,种两茬后这些元素将要耗光,会形成缺素将严重影响作物生长,实际情况是到 1999 年春已进入第 7 茬,所种番茄仍是生长正常。很明显在生产栽培中尚有通过灌溉水、育苗营养钵(为草炭及有机肥混合物)等渠道,也会带入一定量的营养元素,只是没有测定计算在内。这一结果表明在有机生态无土栽培中,充分利用农业副产有机物(各种作物秸秆)这一可再生的丰富资源,做成有机基质,是农业生态系统中最经济有效的促进营养物质循环利用的途径,只要相应保证氮、磷、钾三元素的供应水平,栽培作物就可获得较高产量。



黄瓜有机生态型无土栽培

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net