

发展富碳农业 促进农业碳中和

■ 赵永华

摘要：农业碳中和是一种创新的农业理念和模式，即“将工业生产的二氧化碳用于农业生产，通过作物生长把二氧化碳吸收利用。”富碳农业就是人工增施的办法满足作物对二氧化碳的需求。通过研究和探索，将收集的二氧化碳作为气肥或制作成干冰，在温室大棚、大田和果园等使用，能够增强作物抗病能力，降低农药使用量，增加土壤有机质，提高产品的品质和产量，提升农业经济效益。这对解决二氧化碳排放问题，落实我国政府对世界的承诺，早日实现碳达峰碳中和具有重要意义。农业碳中和可以创造巨大的经济效益、社会效益和环境效益。

关键词：农业碳中和 富碳农业 二氧化碳 碳达峰碳中和 温室大棚 效益

“2030年前实现碳达峰，2060年前实现碳中和”，这是我国统筹国内国际两个大局的战略决策。以紧迫的碳达峰和碳中和目标为导向，可以使我们更加坚定地贯彻新发展理念，构建新发展格局，推进产业的转型和升级，走上绿色、低碳、循环的发展路径，实现高质量发展。

二氧化碳是造成“温室效应”，导致全球气候变暖的“元凶”，但它也是作物生长必不可少的基本原料。将煤化工企业排放的二氧化碳收集，在农业上利用，推广二氧化碳施肥技术，发展富碳农业，实施农业碳中和，可以有效减少碳排放，是推动更好更快全面实现碳达峰、碳中和的有效措施。

一、增施二氧化碳对农业产生的影响

(一) 二氧化碳是农作物生产重要元素，作物特别是温室大

棚作物长期处于“碳饥饿”状态

农业生产是作物吸收水、二氧化碳和氮磷钾等肥料，在光合作用下形成有机物的过程。其中，二氧化碳和水占95%，氮磷钾占不到4%，其它14种微量元素占1%多。作物生长最适宜的二氧化碳浓度为1000-1400ppm。随着近几年经济社会的快速发展，空气中二氧化碳浓度也快速上升至约400ppm(0.04%)。而温室大棚由于通风受阻，二氧化碳浓度在早上太阳出来时最高，有机肥多施的地块能达1300ppm多，不上有机肥的无土栽培二氧化碳浓度约500ppm；当太阳出来后经过一小时左右的光合作用，二氧化碳浓度会降至和大气中的浓度相仿，即约400ppm；随着光合作用的逐渐增强，大棚中二氧化碳浓度逐渐降低，到上午11点不到200ppm。以上数据说明：温室大棚长期处于“碳饥饿”，即“营养不良”状态。

温室大棚生产二氧化碳严重短缺是全球共识，各国也一直致力于研究如何为温室大棚增加二氧化碳以促进作物增产。日本生产了不同规格的燃烧白煤油的煤油炉，为温室大棚增加二氧化碳；荷兰、美国、加拿大、以色列等国家在建温室大棚时，就安装了燃烧天然气的二氧化碳生产设施。而我国煤油和天然气都不丰富，温室大棚建设也没有增加二氧化碳生产设施。

(二) 增施二氧化碳，增产作用显著，可有效促进农业经济效益增加

增施二氧化碳气肥，可以有效地解决设施农业生产中二氧化碳不足的瓶颈问题，增产作用非常显著。美国在新泽西洲的一家农场做了多年的增施二氧化碳实验证明：在作物生长旺盛期和结果期增施二氧化碳效果最为明显，在这两个时期每周施肥2次，2周以后蔬菜增产90%，水稻70%、高粱200%。

内蒙古的相关试验中也发现增施二氧化碳气肥,可以有效增加农作物产量。例如:九三学社专家持续5年的研究结果表明,在增施二氧化碳气体栽培模式下,番茄增产100%、小番茄200%-300%、尖椒40%-50%、青椒50%-60%、油葫芦70%-80%、茄子100%、豆角70%-100%、黄瓜60%-70%、草莓40%-50%、葡萄30%-50%、油麦菜100%-200%、香菜40%-50%、菠菜40%-50%以及白萝卜100%;巴彦淖尔市五原县日光温室种植华莱士,增施二氧化碳后增产30%-40%,售价比同类产品每公斤高出0.8元,早上市10天左右;察右中旗种植番茄增施二氧化碳,原来每株结5盘果,增施二氧化碳后能结10盘,而且每盘果增产30%,增产达到1倍以上;2020年,巴彦淖尔市鲜农农牧业有限公司种植韭菜,在韭菜25厘米时增施二氧化碳,在其它条件相同下,增施二氧化碳的每天增长5厘米左右,最高增长5.38厘米,未增施的增长2厘米,相对比高出3.38厘米,增施二氧化碳的韭菜增长速度,收割时间提前一半,韭菜叶变宽、变厚,茎变粗,总增产2倍左右;内蒙古农业大学王成杰教授团队在牧草上增施二氧化碳可增产200%。他估算大棚种植紫花苜蓿牧草,增施二氧化碳后,每年可刈割8茬,每亩干草产量能上3吨,收益6600元,每茬施肥1次,浇水2次,肥料、

水和二氧化碳气肥总投入1500元,每亩收益5100元,比未增施二氧化碳多刈割4次,产量增加2吨。

(三)作物增施二氧化碳,可减少50%—60%的农药使用量,增强食品安全

第一,作物增施二氧化碳后,生长健壮抗病力强。实践表明,农田里凡是堆放过农家肥的地方,作物个体高大、颜色黑绿健壮;其它地方的作物往往体态瘦小、颜色黄绿。这是因为,增施农家肥,不仅具有改良土壤结构的作用,而且可以增加二氧化碳,堆农家肥的地方(粪盘),农家肥被细菌分解过程中产生的二氧化碳以及其他养分可以被作物充分吸收,从而促进其生长。研究表明,增施二氧化碳的作物,普遍可以减少50%—60%的农药使用量。第二,作物增施二氧化碳后,温度要比不增施的调高5—7℃。也就是说,不增施二氧化碳的温室在27—28℃就要开风口降温,增施二氧化碳可以在32—33℃再开风口降温。而很多27—28℃情况下发生的病虫害,32-33℃时就不适应了,因此,增施二氧化碳后的温室病虫害就会减轻。第三,作物在二氧化碳浓度高(1000ppm以上),且不缺水的情况下,温度达到45℃以上仍然能进行光合作用,即可以进行高温闷棚杀灭病菌虫。通过这三种措施,农药用量还会进一步减少,有些品种完全可以

实现零农药。这对于我国农产品安全、质量提高和销售具有非常重要的意义。

增施二氧化碳气肥后,病虫害少了,可以延长果实采摘期,如小番茄、茄子等的采摘期可以从4—5个月延长至8个月,既增产,又减少种子、翻耕、育苗、移栽等费用成本。内蒙古呼和浩特市和林格尔县清源种养殖专业合作社的温室,2017年安装了一个30立方米的二氧化碳罐,进行二氧化碳施肥。原来温室种植草莓时,常有红蜘蛛等病虫害发生,草莓盛果期仅3个月,在增施二氧化碳气肥后,红蜘蛛病虫害不再出现,而且盛果期又延长了2个月,产量增加了50%多。又如,内蒙古兴和县察尔湖农业科技有限公司杏花沟蔬菜基地有温室51座,种植面积82亩,2016年安装了一个30立方米的二氧化碳罐,进行二氧化碳施肥,原来温室种植的黄瓜霜霉病时有发生,在增施二氧化碳气肥2个月后,霜霉病不再发生,减少了农药用量60%,而且黄瓜秧长势旺,叶色肥厚浓绿,延长了盛果期,以至增加了产量。

(四)农产品干物质含量、含糖量提高,产品口感好,储存时间延长

经内蒙古自治区农科院试验,施用二氧化碳气肥,可使果蔬干物质及糖分含量提高20%左右,产品口感好,黄瓜和番茄等的果实有光泽,没有畸形果,

品相、口感等都有大幅度提升，产品售价增加，经济效益提高。

如：呼和浩特市和林格尔县清源种养专业合作社 36 个温室全部用了二氧化碳气肥，其中 2 个温室种番茄和黄瓜，盛果期由 40 多天又延长了 2 个月，由每天 2 天采摘 200 斤/亩增加到 300 斤/亩，整个盛果期黄瓜增产 2 万多斤/亩。番茄也由原来 1.5 万斤/亩增加到 2 万斤/亩。由于增施二氧化碳气肥后，黄瓜和番茄的果实色泽、口感等都有大幅度提升，病虫害得到有效控制，没有使用农药，因此得到了与内蒙古女神酒店长期合作为其提供黄瓜和番茄等蔬菜的机会，果蔬价格也比原来增长了 90%，从 2018 年秋冬季到 2019 年春季期间 2 座温室的收入达到 15.6 万元。

又如，内蒙古察尔湖农业科技蔬菜基地通过增施二氧化碳气肥发现，温室黄瓜在增施二氧化碳浓度为 1200ppm 条件下增产效果明显，平均单果重比对照增加 23%，增施二氧化碳后黄瓜前期商品果产量比对照增加 24.5%，增施二氧化碳后黄瓜商品果总产量比对照增加 30%，差异极显著，黄瓜盛果期延长，果实色泽、口感等都有大幅度提升，所生产的各种蔬菜品种都销售配送到北京客户，每斤蔬菜均价提升 18%，极大增加了温室的经济效益。

增施二氧化碳气肥后，作物的干物质提高，产品更加耐贮藏

和运输。如巴彦淖尔市鲜农农牧业有限公司种植的韭菜，收割 15 天后还能保持韭菜的新鲜，相对常规种植的韭菜贮藏 7 天，保质期延长了一半以上。这对提高蔬菜的有效供给贮存及出口外销具有重大意义。

(五) 促进根系发达，提高作物抗倒伏能力，增加土壤有机质
作物地上部分庞大，地下部分必然增加生长量。在增施二氧化碳后，作物生长健壮，植株粗壮，为防止头重脚轻而倒伏，根系生长也会增长，根系发达、扎根深，根系生物量增加一倍多，吸收水肥及抗倒伏能力大大增强。作物收获后，留在土壤中的根系腐烂形成的有机质多，增加的土壤有机质也多，有利于改善土壤结构，提高土地质量。

二、增施二氧化碳对于内蒙古早日实现碳达峰碳中和具有重要作用

2020 年，内蒙古二氧化碳排放总量为 7.59 亿吨。而在温室大棚、大田和果园等增施二氧化碳，可吸纳二氧化碳 10711 万吨。而且，由于节水需要，滴灌面积会逐年增加，二氧化碳消耗量将会持续增加，综合计算，在温室大棚增施二氧化碳，两三年内内蒙古利用二氧化碳就能达到 1.5 亿吨，既可解决二氧化碳排放问题，早日实现碳达峰碳中和，又可提高农作物产量和经济

效益。

(一) 二氧化碳吸纳能力分析

第一，温室大棚使用二氧化碳。全区温室大棚面积 94 万亩，可以利用滴灌管道、放置干冰等形式增施二氧化碳。1 亩地的温室大棚，平均每日可增施二氧化碳 15 公斤计算，每年可吸收中国二氧化碳 3.5 吨，全区温室大棚共计能消纳 329 万吨二氧化碳。

第二，通过滴灌等方式向大田农作物增施二氧化碳。如：蔬菜、甜菜等经济作物增施二氧化碳，为防止二氧化碳向大气排放，可在光照最强的上午和中午，通过滴灌管道缓慢输送二氧化碳，也可以通过叶面喷肥增施，从而大量消耗二氧化碳。目前全区滴灌面积约 5000 万亩，以玉米、马铃薯高产作物为主，按照种植玉米计算，每亩平均每天消耗二氧化碳 15 公斤，施用二氧化碳大概在 60 天以上，每亩可利用 900 公斤，能吸纳 4500 万吨二氧化碳，叶面喷施每亩 50 公斤，5000 万亩可吸纳二氧化碳 250 万吨，总计 4750 万吨。

第三，将二氧化碳对果树、茶树、牧草等进行叶面喷施。目前全区特色果品经济林面积达到 632 万亩，每亩每年消耗二氧化碳 1 吨，共计 632 万吨。全区天然草原面积 13.2 亿亩，按照可利用 10 亿亩计算，用无人机、喷雾机等喷施二氧化碳，每亩喷施 50 公斤二氧化碳，即可利用 5000 万吨。

综合以上几种方式,总计能吸纳二氧化碳 10711 万吨。

(二) 经济效益分析

国内外试验都证明:温室大棚增施二氧化碳气肥,可大幅度提高农作物产量、质量,富碳产品,如:玉米、大豆、高粱等,平均售价会提高 50%;牧草等干物质提高,产量增加,品质提升,经济效益也会提高。

例如,按照种植玉米增施二氧化碳计算:固体二氧化碳(干冰)运送到田间地头,成本大概在 1500 元/吨。而增施一公斤二氧化碳可以增加一公斤多玉米,以玉米 3 元/公斤计算,每增施一公斤二氧化碳可增收 1.5 元;同时,增施二氧化碳后,玉米秸秆也会增粗,会提高饲料草料的产量,增加效益;同时,根系更加发达,土壤有机物含量高,提高土地质量。

三、内蒙古发展富碳农业的政策建议

(一) 加强组织领导

把捕集二氧化碳并在农业上利用,发展富碳农业列为内蒙古自治区重点发展战略,做好示范和引领。由自治区政府牵头,成立农业碳达峰碳中和领导小组,自治区相关部门为成员配合实施,由相关技术人员组织成立专家组进行技术指导和推广,号召各地抓好二氧化碳收集和在农业利用工作,并在资金项目上

给予支持。同时,由自治区、盟市、旗县政府主导,各级农牧、科技、环保、财政等部门联合,形成全区上下、政府、企业齐抓共管发展的推广模式。

(二) 部门协调配合

一是环保部门应要求排放二氧化碳的企业上收集二氧化碳装置,并将收集利用二氧化碳纳入减排指标统计范围,承认其减排量。未上收集二氧化碳的企业,则收取其二氧化碳排放费,促进企业以合作的形式开展二氧化碳的收集。二是农业部门、科技部门要把发展农业碳中和作为减少农药,提高农产品品质,促进农业绿色高质量发展的关键措施给予支持推广。三是发改等相关部门在项目扶持上给予倾斜。财政部门将相关补贴资金纳入预算范围。交通等部门在二氧化碳运输上给予支持,纳入绿色农畜产品范围,减免过路费。各有关部门加大支持力度,形成推进合力。

(三) 开展试验示范

在各地开展试点工作,通过农业科技人员和科技特派员主推、企业让利、政府补贴等形式在每个盟市试点面积 1000-10000 亩以上,主要开展温室大棚增施二氧化碳气肥种植蔬菜、水果示范,将试点分为多个园区,几个蔬菜、水果品种分开进行试验推广,通过试验示范,召开现场会、观摩会,开展技术培训等形式扩大推广面积。

地膜前期应用推广就是通

过技术培训、试验示范、给予补贴等多种形式逐渐得到了社会群众的认可,直到农户自发使用。农业碳中和技术在推广上要充分发挥技术指导、资金支持、政策扶持的作用,使企业、农户对此项技术得到认可,逐步将增施二氧化碳气肥商品化、常态化,自觉在种植农作物过程中增施二氧化碳气肥。充分发挥内蒙古二氧化碳收集利用在全国、乃至全世界的碳达峰、碳中和的重要作用。■

参考文献:

[1] 更加注重增强内生动力[J]. 经济日报,2021-03-05.

[2] 高雅,李婕茜,王颂,刘芳芳.专家学者热议国家电网“碳达峰、碳中和”行动方案[N]. 国家电网报,2021-03-03.

[3] 孙秀艳,寇江泽.瞄准碳中和推动碳达峰[N]. 人民日报,2021-02-01.

[4] 富碳农业:二氧化碳掀起的一场绿色革命_企业[EB/OL].<https://www.cenews.c>,2019.

(作者系内蒙古自治区农牧厅副厅长)

责任编辑:康伟