

水肥一体化技术对辣椒干物质 积累及养分吸收规律的影响

孟亮, 张文明, 邱晓丽, 陈转成, 马兴, 邱慧珍

(甘肃农业大学 资源与环境学院 甘肃省干旱生境作物学重点实验室, 甘肃 兰州 730070)

摘要: [目的] 针对目前设施蔬菜生产中存在的水肥利用率低等问题, 研究水肥一体化技术对日光温室辣椒干物质积累及养分吸收规律的影响, 为甘肃省设施辣椒的可持续发展生产提供科学依据。[方法] 通过田间试验, 以常规沟灌冲施肥为对照(T_1), 研究水肥一体化技术处理(T_2)对日光温室辣椒“陇椒 3 号”干物质积累及养分吸收规律的影响。[结果] (1) 水肥一体化技术能显著促进了辣椒植株干物质的积累, T_2 处理干物质积累总量比 T_1 提高了 9.21%, 果实和根干物质积累分别提高了 22.47% 和 7.29%; 提前 30 d 到达干物重第一个平衡期, 推迟 41 d 到达第 2 个平衡期。(2) T_2 处理 N, P_2O_5 , K_2O 吸收积累总量比 T_1 增加了 18.23%, 30.73% 和 19.76%; T_2 处理果实中 N 所占比例比 T_1 处理提高了 9.73%; P_2O_5 提高了 13.70%; K_2O 提高了 13.00%。(3) T_2 处理比 T_1 氮磷钾利用率分别提高了 51.0%; 43.3% 和 71.2%; 节水 48.9%; 增产 22.1%; 增收 3.55 万元/hm²。[结论] 水肥一体化技术能提高辣椒的干物质和养分积累量, 提高果实中的分配比例。

关键词: 水肥一体化; 辣椒; 干物质; 养分吸收; 肥料利用率

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2017)05-0290-07

中图分类号: S152.7, S158.5

文献参数: 孟亮, 张文明, 邱晓丽, 等. 水肥一体化技术对辣椒干物质积累及养分吸收规律的影响[J]. 水土保持通报, 2017, 37(5): 290-296. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2017.05.049; Meng Liang, Zhang Wenming, Qiu Xiaoli, et al. Effect of fertigation technology on dry matter accumulation and nutrient absorption in pepper[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2017, 37(5): 290-296. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2017.05.049

Effect of Fertigation Technology on Dry Matter Accumulation and Nutrient Absorption in Pepper

MENG Liang, ZHANG Wenming, QIU Xiaoli, CHEN Zhuancheng, MA Xing, QIU Huizhen

(College of Resources and Environmental Sciences, Gansu Provincial Key Laboratory of Aridland Crop Science, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070, China)

Abstract: [Objective] According to the low water and fertilizer use efficiency in the protected vegetable production, the influences of different fertigation treatments on the dry matter accumulation and nutrient absorption of greenhouse pepper were researched to provide scientific evidence for pepper sustainable production in Gansu Province. [Methods] Field testing was conducted. In which, normal furrow fertilizing was used as control (T_1), fertigation technology (T_2) was carried out to demonstrate its influence on dry matter accumulation and nutrients absorption of Long Pepper No. 3 in a solar greenhouse. [Results] (1) Fertigation technology can promote pepper plant's dry matter accumulation significantly, dry matter accumulation increased by 9.21%, dry matter accumulations in fruits and roots increased by 22.47% and 7.29%. The first dry matter equilibrium was advanced by 30 days than normal, while 2nd equilibrium stage was postponed about 41 days. (2) In treatment T_2 , the absorption accumulations of N, P_2O_5 , K_2O increased by 18.23%, 30.73%, 19.76%, and the N, P_2O_5 , K_2O proportion of fruits increased by 9.73%, 13.70%, and 13.00%

收稿日期: 2017-02-24

修回日期: 2017-03-17

资助项目: 国家自然科学基金项目“设施蔬菜水肥一体化技术研究示范”(31360500); 国家公益性行业(农业)科研专项(201103004); 国家重点基础研究发展计划(973 计划)(2015CB150501)

第一作者: 孟亮(1990—), 男(汉族), 山东省临沂市人, 硕士研究生, 主要从事水肥一体化技术研究。E-mail: lymengliang@163.com。

通讯作者: 邱慧珍(1961—), 女(汉族), 上海市人, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事植物营养与营养生态的教学与科研工作。E-mail: hzqiu@gsau.edu.cn。

respectively than the ones of treatment T_1 . (3) In comparison with the ones in T_1 , the N, P, K use efficiencies of treatment T_2 increased 51%, 43.3%, 71.2% respectively. Furthermore, the treatment T_2 can save 48.9% water, increase 22.1% yield, and increase 3.55×10^4 yuan/hm² income than treatment T_1 . [Conclusion] Fertigation technology can increase the dry matter and nutrients accumulation in pepper, and can increase the allocation proportion of them in fruits.

Keywords: fertigation technology; pepper; dry matter; nutrient absorption; fertilizer use efficiency

辣椒为重要的蔬菜调味品,维生素 C 含量居蔬菜首位,亦含有丰富的维生素 B,胡萝卜素及钙、铁等矿物质。中国辣椒种植面积仅次于白菜类蔬菜,占世界辣椒面积的 35%;辣椒总产量 2.80×10^7 t,占世界辣椒总产量的 46%;经济总产值 700 多亿元,居蔬菜之首位,占世界蔬菜总产值的 16.67%,辣椒已成为中国许多省市县的主要经济支柱作物^[1]。辣椒也是甘肃省的重要蔬菜作物之一,截止 2015 年,甘肃省辣椒种植面积达 3.33×10^4 hm²^[2],其中,位于河西走廊的武威市是甘肃省重要的蔬菜生产基地,蔬菜生产面积 5 700 hm²,总产量增加到 4.0×10^5 t 多,总产值达到 10 亿元以上。然而,菜农为了追求高产和高收益常常过量投入肥料^[3-4],不仅造成了氮磷等养分在土壤坡面中的过量积累^[5],也降低了化肥的当季利用率,造成了肥料养分资源的巨大浪费^[6],同时也增大了环境风险^[7-8],成为影响农业可持续生产、农产品安全以及人畜健康的重大问题^[9]。保护地栽培中的水、肥、气、热等因子具有其特殊性,加上复种指数高、水肥管理不当、管理技术滞后等因素,往往导致土壤次生盐渍化、养分不均衡、土壤板结、土壤酸化等诸多问题的产生^[10]。近几年兴起的水肥一体化技术,是基于滴灌系统发展而成的节水、节肥、高产、高效的农业工程技术,可以实现水分和养分在时间上同步,空间上耦合^[11],不仅可以有效解决上述问题,也改善了保

护地蔬菜生产中水肥供应不协调和耦合效应差的弊端,具有明显的增产增效和节水节肥等效应^[12]。有研究显示,水肥一体化技术可使水分利用效率高达 88%~90%,节肥幅度达 30%~50%^[13],甚至达到 80%^[14]。郭新正等^[15]研究显示,棉花膜下滴灌技术能显著提高水肥利用率,其中,滴灌施用酸性液体肥料的氮肥利用率平均在 47%~66%,与常规灌溉施肥模式相比提高了 15%~30%,磷肥利用率平均在 24%~38%范围内,较常规灌溉施肥模式提高了 10%~17%。为此,本试验拟以日光温室辣椒“陇椒 3 号”为研究对象,以常规沟灌冲施肥为对照,研究水肥一体化技术对日光温室辣椒干物质积累及养分吸收规律的影响,以期甘肃省设施辣椒的生产提供科学依据。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

试验于 2015 年在甘肃省武威市羊下坝镇五沟园区进行。羊下坝属川区地带,紧靠腾格里沙漠边缘,干旱少雨,太阳辐射强,日照充足,最高年日照时数 25 327 h,最低年日照时数 166 416 h,日照率为 59%,年平均气温 8 ℃,年平均降雨量 650 mm,年蒸发量 2 000 mm 以上,无霜期为 298 d。风向多为西北风,年平均风速 3.1 m/s。土壤为黄绵土,土壤基本农化性状见表 1。

表 1 供试土壤耕层的基本农化性状

有机质/ (g · kg ⁻¹)	碱解氮/ (mg · kg ⁻¹)	速效磷/ (mg · kg ⁻¹)	速效钾/ (mg · kg ⁻¹)	pH 值	容重/ (g · cm ⁻³)	田间持水量/ %
24.81	112.13	98.45	400.31	7.20	1.1	24.9

注:pH 值在水土比 5:1(质量比)条件下测定。

1.2 试验设计

采用“陇椒 3 号”辣椒,试验共设 2 个处理: T_1 (对照,常规沟灌冲施肥); T_2 (水肥一体化技术)。试验棚长 90 m,宽 7 m,全棚共 529 m²,株距 50 cm,行距 1.2 m,宽垄双行,一穴双株。水肥一体化技术处理共 33 垄(277 m²),对照 CK 共 30 垄(252 m²), T_1 和 T_2 处理之间有 4 垄不施肥处理用来间隔。2015 年 9 月 12 日整地并施肥,各处理底肥一致,共施用羊粪农家肥 10 m³/hm²,菌动力有机肥 40 kg(N-P₂O₅-K₂O

≥5%,有机质 ≥45%,活性钙 ≥20%),9 月 20 日定植。

水肥一体化技术处理(T_2)的灌水深度在开花期之前为 20 cm,之后为 30 cm,土壤含水量上下限控制在田间持水量的 55%~85%。每次灌水前测定土壤含水量,再根据灌水量计算公式计算灌水量,灌水量 = 667 × 容重 × 灌水深度 × 田间持水量 × (土壤含水量上限 - 土壤含水量下限),全生育期灌水和施肥方案见表 2。

表 2 全生育期灌水施肥方案

处理	灌水		追肥		
	灌水次数	总灌水量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$)	N/ ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)	P_2O_5 / ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)	K_2O / ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)
T_1	15	5 235	507	444	1 139
T_2	19	2 670	195	111	339

注: T_1 为对照, 常规沟灌冲施肥; T_2 为水肥一体化技术。下同。

在辣椒生育期间, 分别于初花期、盛花期、盛果期、盛熟期、终熟期共取 5 次样, 每次每个处理取 10 株。分根、茎、叶和果实不同器官分别称鲜质量, 杀青烘干后称干质量, 然后粉碎供分析测定。植株全氮采用奈氏比色法; 植株全磷采用钒钼黄比色法; 植株全钾采用火焰光度法。数据处理及图表绘制采用 Excel 2013 和 T 检验进行。

2 结果与分析

2.1 水肥一体化技术对辣椒干物质积累与分配的影响

2.1.1 水肥一体化技术对辣椒全株干物质积累动态的影响 由图 1 可知, T_1 在整个生育期内全株干物质积累总量为 $11\ 412.0\ \text{kg}/\text{hm}^2$; T_2 为 $12\ 463.5\ \text{kg}/\text{hm}^2$ 。 T_2 全株干物质积累总量相对于 T_1 增加了 9.21%。在整个生育期内辣椒干物质积累量持续增加, 水肥一体化技术处理下的 T_2 与对照 T_1 变化趋势一致。盛花期前, 2 个处理干物质积累差异不大, 从盛花期后差距逐渐增大。 T_1 处理辣椒全株干物质积累量在各个生育期内的分配比例初花期、盛花期、盛果期、盛熟期、终熟期为 3%, 15%, 12%, 28%, 42%; T_2 处理为 3%, 14%, 13%, 26%, 44%。在到达盛果期以前干物质增长较为缓慢。

从盛果期到终熟期为辣椒干物质积累的主要时期, 干物质积累呈直线增长趋势, 终熟期达到最大值, 在该阶段对照 T_1 处理干物质积累占全生育期的 72%; T_2 处理为 73%。

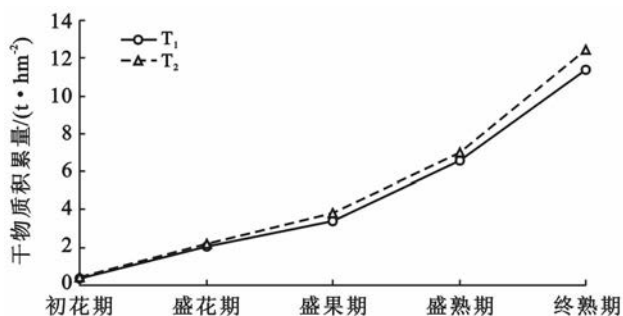


图 1 水肥一体化技术对辣椒全株干物质积累动态的影响

2.1.2 水肥一体化技术对辣椒生育进程的影响 图 2 为辣椒全生育期内辣椒果实和根+茎+叶的干物质动态积累过程。果实和根+茎+叶的干物质动态积累过程的 2 条线的交点为辣椒干物质积累的平衡期, 此交点可以反映不同处理对辣椒生育进程的影响。本试验辣椒全生育期内存在两个干物质积累平衡期。

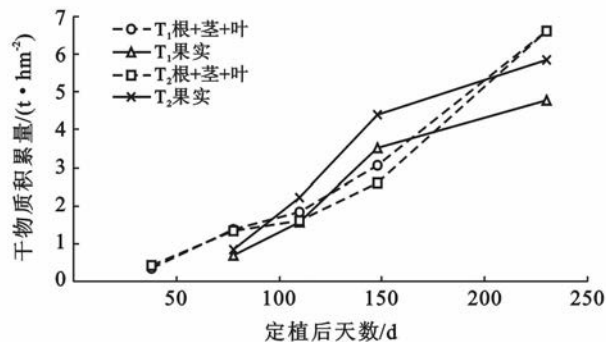


图 2 水肥一体化技术对辣椒生育进程的影响

由图 2 可知, T_1 处理第 1 次平衡期时间为第 123 d, 第 2 次为第 164 d; T_2 处理第一次平衡期时间为第 93 d, 第 2 次为第 205 d。 T_2 处理比 T_1 处理提前 30 d 到达第一个平衡期, 并推迟 41 d 到达第 2 个平衡期。主要原因为水肥一体化技术下的合理的施肥和灌水能有利于辣椒提前进入开花结果期; 大水大肥导致施肥量过剩, 光合作用积累的有机物主要用来以扩大叶片和茎为源的方向, 未能及时及时转移到以果实为生长中心所致, 推迟了辣椒到达第一个平衡期的时间。本试验辣椒在第 2 个平衡期时由于对照 T_1 处理的施肥量远大于 T_2 处理, 特别是钾肥的大量使用使辣椒茎快速生长, 辣椒根、茎、叶干物质快速累积, 导致 T_1 处理提前进入第 2 个平衡期。所以水肥一体化技术合理的施肥灌水条件下比常规大水大肥能有效的延长辣椒在两次生育期内的时间, 从而使光合产物更多的转移分配到果实中, 提高了辣椒产量, 且节省了灌水和肥料的用量。

2.1.3 水肥一体化技术对辣椒不同器官干物质积累分配比例的影响 由表 3 可知, 辣椒干物质在各个器官积累的分配比例随着生长中心的转移而变化。本试验条件下, 在 T_2 减少灌水量和施肥量的条件下, 各器官干物质积累量没有表现出下降的趋势, 反而根和果实干物质积累量有增加的趋势。 T_2 与 T_1 相比, 根和果实干物质积累量分别增加了 7.29% 和 22.47%。在盛果期和盛熟期 T_2 处理果实干物质所占分配比例都要比 T_1 处理高 10% 左右, 说明水肥一体化技术更有利于辣椒干物质的合理分配。

表 3 不同生育时期辣椒各器官中干物质分配比例

处理	器官	初花期/%	盛花期/%	盛果期/%	盛熟期/%	终熟期/%	总积累量/(kg·hm ⁻²)
T ₁	叶	56.87	33.87	26.20	19.71	17.52	1 989.00
	茎	37.62	28.57	23.43	22.50	33.83	3 861.00
	根	5.51	4.21	4.20	4.27	6.85	781.50
	果	—	33.35	46.17	53.52	41.89	4 780.50
T ₂	叶	59.62	32.93	20.66	15.12	15.96	1 987.50
	茎	34.43	24.54	18.59	18.89	30.35	3 783.00
	根	5.95	3.74	2.98	3.19	6.72	838.50
	果	—	38.79	57.77	62.80	46.97	5 854.50

在全生育期内辣椒各器官干物质总积累量大小顺序为:果>茎>叶>根。以盛花期为转折点,盛花期以前干物质分配比例以叶片中最大,目的是扩大源的强度以生产更多的光合产物,从而为库的建成及扩大奠定基础;从盛花期以后干物质分配比例以果实中最大,表明辣椒植株的干物质分配方向已改变,同化产物更多地流向果实,以增加库容量。到盛熟期已经有 50% 甚至 60% 以上的干物质积累分配在果实中。终熟期辣椒在果实中干物质所占比例降低而茎所占比例急剧增大,是因为终熟期辣椒开花坐果率明显降低,而在该时期辣椒植株快速长高,导致茎干物质大量的增加。

2.2 水肥一体化技术对辣椒不同生育时期氮磷钾养分吸收的影响

2.2.1 水肥一体化技术对辣椒各生育期养分吸收比例的影响

由表 4 可知,T₂ 处理相对于对照 T₁ 处理显著提高了 N,P₂O₅,K₂O 的总吸收量。T₂ 处理比 T₁ 处理 N,P₂O₅,K₂O 总吸收量分别提高了 18.23%,30.73% 和 19.76%。

T₂ 处理在比 T₁ 处理减少施肥量的情况下吸收量却远高于 T₁ 处理,说明水肥一体化技术条件下的合理施肥能促进辣椒对养分的吸收利用,从而提高了肥料的利用率。

表 4 水肥一体化技术对辣椒养分吸收的影响

生育期	T ₁			T ₂		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
初花期/%	3.83	4.29	3.98	3.78	4.10	4.26
盛花期/%	16.96	16.26	17.99	13.08	14.21	16.77
盛果期/%	14.51	18.52	11.11	16.31	21.85	11.53
盛熟期/%	38.65	34.88	25.38	32.81	30.13	22.70
终熟期/%	26.10	25.65	41.54	34.02	29.90	44.78
总吸收量/(kg·hm ⁻²)	282.30	96.15	542.85	333.75	125.70	650.10

辣椒在全生育期内对 N,P₂O₅,K₂O 这 3 种养分的总吸收量为 K₂O>N>P₂O₅。辣椒在初花期以前对 N,P₂O₅,K₂O 的吸收非常少,只占全生育时期总吸收量的 4% 左右。辣椒对 N,P₂O₅,K₂O 养分的吸收主要集中辣椒开始结果以后即从盛花期开始。N 和 P₂O₅ 在盛熟期吸收比例最大;K₂O 在终熟期吸收比例急剧增加,达到最大。T₁ 处理 N,P₂O₅ 在终熟期的吸收比例开始呈现下降的趋势,而 T₂ 处理在终熟期几乎保持不变。

2.2.2 水肥一体化技术对辣椒不同生育时期各器官氮分配规律的影响

由表 5 可知,各器官中 N 的分配比例随着辣椒生长中心的转移而发生变化。在根、茎、叶 3 个器官中 N 的分配比例大小顺序为叶>茎>根。在初花期,辣椒吸收的 N 主要用来以扩大源

为目的,主要分配到叶片中;从盛花期辣椒开始结果,吸收的 N 开始转移到果实中,以扩大库为中心。

在初花期,T₁ 和 T₂ 处理在叶片中的 N 分配比例为 59.72% 和 67.86%,到盛花期时分别降为 39.90% 和 35.73%;而果实中的 N 分配比例为 27.88% 和 34.14%。从盛果期开始 T₂ 处理 N 吸收量高于 T₁ 处理。

在各个生育时期 T₂ 处理的根、茎、叶 3 个器官中 N 所占比例小于 T₁ 处理,而果实所占比例高于 T₁ 处理,在盛熟期 T₂ 处理果实所占比例比 T₁ 处理高 9.73%。这表明水肥一体化技术条件下不论以扩大源还是库为中心时都比常规大水大肥处理更有利于 N 养分的合理分配,而过量的氮肥施用导致辣椒生长期各器官养分分配不合理。

表 5 水肥一体化技术对不同生育时期氮在各器官的分配比例

生育期	处理	叶/%	茎/%	根/%	果/%	N 吸收量/ (kg·hm ⁻²)
初花期	T ₁	59.72	34.72	5.56	—	10.80
	T ₂	67.86	25.00	7.14	—	12.60
盛花期	T ₁	39.90	28.13	4.09	27.88	58.65
	T ₂	35.73	26.13	4.00	34.14	56.25
盛果期	T ₁	35.09	21.99	3.77	39.16	99.60
	T ₂	27.78	17.89	2.71	51.63	110.70
盛熟期	T ₁	25.02	15.60	4.24	55.14	208.65
	T ₂	19.20	12.66	3.27	64.87	220.35
终熟期	T ₁	20.09	19.39	7.33	53.19	282.30
	T ₂	18.56	18.61	6.79	56.04	333.75

2.2.3 水肥一体化技术对辣椒不同生育时期各器官磷养分吸收的影响 由表 6 可知,辣椒不同器官的 P₂O₅ 吸收分配比例结果表明,各器官中 P₂O₅ 的分配比例随着辣椒生长中心的转移而发生变化。P₂O₅ 在叶和茎中的分配比例随着生育期的进行总体呈下降趋势,以初花期最高。

表 6 水肥一体化技术对辣椒各器官吸磷量的影响

生育期	处理	叶/%	茎/%	根/%	果/%	P ₂ O ₅ 吸收量/ (kg·hm ⁻²)
初花期	T ₁	69.95	27.77	2.28	—	14.70
	T ₂	71.91	25.55	2.54	—	18.90
盛花期	T ₁	25.90	18.44	2.51	52.62	19.95
	T ₂	23.56	13.83	2.19	59.71	22.95
盛果期	T ₁	20.51	16.89	3.12	59.09	37.80
	T ₂	13.69	12.00	1.82	72.79	50.55
盛熟期	T ₁	17.00	11.00	3.00	69.00	71.40
	T ₂	10.41	8.90	2.20	78.60	88.35
终熟期	T ₁	11.84	14.71	4.28	69.29	96.15
	T ₂	9.42	11.71	4.88	74.04	125.70

在初花期, T₁ 和 T₂ 2 个处理叶片中 P₂O₅ 积累量为 9.69(kg/hm²), 13.59(kg/hm²); 到了盛花期分别降低为 5.17(kg/hm²), 5.41(kg/hm²)。在以后的生育时期 T₂ 处理的叶片和茎中的分配比例都要低于 T₁ 处理; 果实中的分配比例要高于 T₁ 处理, 在盛果期 T₂ 处理高于 T₁ 处理 13.70%。各生育期总吸收

积累量 T₂ 比 T₁ 高 30.73%。这表明水肥一体化技术在既提高辣椒对 P₂O₅ 吸收量的同时又能对养分进行更加合理的分配利用, 从而提高产量; 而常规的大量施肥并不能提高辣椒对养分的吸收利用。因此水肥一体化技术相对于常规大水大肥在节肥的同时提高了辣椒的产量, 从而提高了经济效益。

2.2.4 水肥一体化技术对辣椒不同生育时期各器官钾养分吸收的影响 由表 7 可知, 各器官中 K₂O 的分配比例随生长中心的转移而发生变化。各器官分配顺序表现为果实>茎>叶>根。从盛花期开始在各个生育熟期 T₂ 处理的根、茎、叶 3 个器官中 K₂O 分配比例要小于对照 T₁ 处理, 但各器官积累量高于 T₁ 处理; 而果实中的分配比例要高于 T₁ 处理, 在盛果期和盛熟期都要高于 T₁ 对照处理 13% 左右。这表明水肥一体化技术相对于常规处理在减少灌水和施肥量的情况下既能保证各器官辣椒生长发育对 K₂O 养分的需求, 而且同时保障了在各器官中进行合理分配, 提高了辣椒的产量和经济效益。

表 7 水肥一体化技术对辣椒各器官吸钾量的影响

生育期	处理	叶/%	茎/%	根/%	果/%	K ₂ O 吸收量/ (kg·hm ⁻²)
初花期	T ₁	58.33	37.50	4.17	—	21.60
	T ₂	60.39	35.06	4.55	—	27.75
盛花期	T ₁	36.80	33.03	3.62	26.55	119.40
	T ₂	33.42	34.34	2.76	29.47	136.80
盛果期	T ₁	26.98	29.09	5.22	38.72	179.70
	T ₂	22.02	23.13	3.06	51.79	211.65
盛熟期	T ₁	24.60	25.11	4.42	45.86	317.40
	T ₂	17.99	19.84	3.46	58.72	359.25
终熟期	T ₁	19.46	36.70	7.56	36.27	542.85
	T ₂	17.36	31.42	6.95	44.27	650.40

2.3 水肥一体化技术对辣椒产量、种植效益和肥料利用率的影响

由表 8 可知, 水肥一体化技术显著提高了肥料利用率, 氮磷钾肥的利用率由对照 T₁ 的 15.5%, 5.6%, 18.4% 提高到 66.5%, 48.9% 和 89.6%, T₂ 处理氮磷钾肥的利用率分别比对照提高了 51.0, 43.3, 71.2 个百分点。节水: 48.9%; 产量增加 10 965(kg/hm²), 增产: 22.1%; 增收 3.55 万元/hm²。

表 8 水肥一体化对辣椒节水节肥增效的影响

处理	产量/ (t·hm ⁻²)	产值/ (万元·hm ⁻²)	灌水量/ (m ³ ·hm ⁻²)	肥料利用率/%			纯收入/ (万元·hm ⁻²)	增收/ (万元·hm ⁻²)
				N	P ₂ O	K ₂ O		
T ₁	49.62	9.92	5 235	15.47	5.57	18.43	7.08	—
T ₂	60.59	12.12	2 670	66.52	48.92	89.58	10.63	3.55

3 讨论

3.1 水肥一体化技术对辣椒干物质积累的影响

干物质积累量是作物营养状况的反映,适宜的氮磷钾比例可以促进作物对养分的积累,增加养分积累量,获得高产^[16]。光和产物的积累以及在个器官中的分配与果实产量密切相关,为提高产量,在增加干物质积累的同时,必须促进干物质的合理分配,提高干物质的有效利用率^[17]。由于施肥灌水的不同,导致干物质的积累与分配有较大差异。

本试验表明,水肥一体化技术相对于常规沟灌冲施肥能提高辣椒的干物质量。 T_2 与 T_1 相比,根和果实干物质积累量分别增加了7.29%和22.47%,全株干物质积累总量提高了9.21%。 T_2 处理在减少灌水量和施肥量的条件下,各器官干物质积累量没有表现出降低的趋势,反而根和果实干物质积累量有增加的趋势。这是主要是因为水肥一体化技术目的就是在最适当的时间将适量的水和养分输送到作物最活跃的根区,适时适量地满足作物对水分和养分的需求,促进辣椒各器官的生长和光合有机物的合理分配,为辣椒的增产打下基础。

本试验表明,水肥一体化技术相对于常规沟灌冲施肥能有效延长辣椒2个干物质平衡期之间的时间。辣椒全生育期内存在2个干物质积累平衡期。辣椒第一次平衡期到达之前和第二次平衡期之后根、茎、叶干物质质量高于果实干物质质量。说明这段时期主要是茎和叶的形成生长时期,光合产物以扩大源为中心。在干质量平衡期,大量光合产物由原来主要用来建造茎和叶转而进入茎叶、果实营养分配均衡阶段;在干质量平衡期之后,茎和叶中的有机物逐渐向果实中转移积累,果实中干物质积累速度加快。这时果实中干物质积累量大于根、茎、叶干物质积累量,干物质主要用于供应和促进果实快速充实膨大和营养积累。 T_2 处理比 T_1 处理提前30 d到达第一个平衡期,并推迟41 d到达第2个平衡期。这是因为水肥一体化技术条件下对灌水和施肥的合理调控使辣椒干物质合理的分配,促使辣椒提前进入结果期,提前到达干物质平衡期;而过多的施肥灌水会导致辣椒干物质分配的不合理,生长中心转移不及时,导致干物质过多的分配到茎和叶中,对辣椒果实干物质积累比例相对减少,即推迟了第一次到达平衡期的时间又提前了第2次平衡期的时间。因此水肥一体化技术在增加辣椒产量的同时又能提前辣椒上市时间,为提高经济效益打下基础。

3.2 水肥一体化技术对辣椒养分吸收规律的影响

肥料是作物的“粮食”,施肥是使作物丰产的最有效的途径之一。氮、磷、钾是作物生长发育所必需的大量营养元素,作物对氮、磷、钾养分的吸收、同化与转运影响着作物的生长发育^[18]。由于植物在不同生育时期对养分的需求量和比例要求不同,环境中养分供应水平与程度也不一样。因而植物体内养分会随生长中心的转移而使养分再分配和再利用^[19]。氮、磷、钾均属于较易移动的养分元素,在植物体内利用程度均较高^[20]。水肥一体化将肥料与灌水融为一体,直接滴在作物根际周围,具有水肥同步、集中供给的特点。能在灌水量、施肥量及其灌溉、施肥时间控制等方面都达到很高的精度,可显著提高作物的产量和水肥利用效率,降低养分的损失,达到高产、优质、高效的目标。

本试验表明,水肥一体化技术相对于常规沟灌冲施肥能提高辣椒对 N, P_2O_5, K_2O 的吸收分配。 T_2 处理相对于 T_1 处理 N, P_2O_5, K_2O 吸收积累总量分别多吸收18.23%,30.73%和19.76%。在盛熟期 T_2 处理果实中 N 所占比例比 T_1 处理高9.73%;在盛果期 T_2 处理中 P_2O_5 高于 T_1 处理13.70%;在盛果期和盛熟期 T_2 处理中 K_2O 高于 T_1 处理13.00%左右。说明水肥一体化技术通过合理的配方施肥在保证辣椒正常健康生长和产量前提下,提高了果实 N, P_2O_5, K_2O 的吸收,相应地提高了利用效率;而传统沟灌冲施肥处理不仅浪费水肥资源,还相应增加了叶片和茎对养分的吸收的比例,减少了果实养分的积累。

3.3 水肥一体化对辣椒节水节肥增产的影响

合理灌溉施肥是实现蔬菜高产、优质和养分高效最重要的技术措施。通过滴灌模式优化水肥供应,在保证辣椒生长、养分吸收和产量的同时有效降低肥料用量,提高水肥利用效率^[21]。

本试验研究结果表明,水肥一体化技术相对于常规沟灌冲施肥能提高辣椒对 N, P_2O_5, K_2O 的利用率,并且达到节水增产增收的目的。氮磷钾肥的利用率由对照 T_1 的15.5%,5.6%,18.4%提高到66.5%,48.9%和89.6%, T_2 处理氮磷钾肥的利用率分别比对照 T_1 提高了51.0,43.3,71.2个百分点;节水:48.9%;产量增加10.97 t/hm²增产:22.1%;增收3.55万元/hm²。这与杨学忠等^[10]的研究结果基本一致。

4 结论

同常规沟灌冲施肥相比,水肥一体化技术条件

下能明显提高辣椒植株的干物质积累量和果实干物质积累量,同时植株干物质的积累动态也受影响,主要表现在提前 30 d 到达第一次平衡期和推迟 41 d 到达第二次平衡期。另外,水肥一体化技术处理能增加辣椒果实中干物质分配比例。水肥一体化技术处理能提高辣椒对氮磷钾养分的吸收量和在果实中的分配比例。水肥一体化技术通过减少灌水和施肥量提高利用率,增加产量和提高经济效益。

[参 考 文 献]

- [1] 马艳青. 我国辣椒产业形势分析[J]. 辣椒杂志, 2011(1): 1-5.
- [2] 王兰兰. 甘肃省辣椒生产与科研现状及发展对策[J]. 辣椒杂志, 201(4): 1-3.
- [3] 谢建昌, 陈际型. 菜园土壤肥力与蔬菜合理施肥[M]. 南京: 河海大学出版社, 1997: 41-46.
- [4] 赵其国. 发展与创新现代土壤科学[J]. 土壤学报, 2003, 40(3): 321-327.
- [5] 王辉, 董元华, 安琼. 高度集约化利用下蔬菜地土壤养分累积状况: 以南京市南郊为例[J]. 土壤, 2006, 38(1): 61-65.
- [6] Mcdowell R W, Sharply A N. Approximating phosphorus re-lease from soils to surface runoff and subsurface drainage[J]. Journal Environmental Quality, 2001, 30(2): 508-520.
- [7] 王新军, 廖文华, 刘建玲. 菜地土壤磷素淋失及其影响因素[J]. 华北农学报, 2006, 21(4): 67-70.
- [8] 姜波, 林咸永, 章永松. 杭州市郊典型菜园土壤磷素状况及磷素淋失风险研究[J]. 浙江大学学报: 农业与生命科学版, 2008, 34(2): 207-213.
- [9] 陈子才, 倪治华, 周晓锋. 不同施肥方式对蔬菜硝酸盐含量的影响[J]. 上海蔬菜, 2006(6): 70-71.
- [10] 杨学忠, 李学文. 冀东平原设施辣椒水肥一体化技术应用

效果研究[J]. 现代农业科技, 2011(5): 105-106.

- [11] 李伏生, 陆申年. 滴灌施肥的研究和应用[J]. 植物营养与肥料学报, 2000, 6(2): 233-240.
- [12] 刘虎成, 徐坤, 张永征, 等. 滴灌施肥技术对生姜产量及水肥利用率的影响[J]. 农业工程学报, 2012(S1): 106-111.
- [13] Klein I, Levin I, Bar-Yosef B, et al. Drip nitrogen fertigation of "Starking Delicious" apple trees[J]. Plant and Soil, 1989, 119(2): 305-314.
- [14] 樊兆博, 刘美菊, 张晓曼, 等. 滴灌施肥对设施番茄产量和氮素表观平衡的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2011, 17(4): 970-976.
- [15] 郭新正, 阿曼古丽, 赖波, 等. 棉花膜下滴灌酸性液体肥的试验效果[J]. 土壤肥料, 2004(1): 19-21.
- [16] 金继运, 何萍. 氮钾互作对春玉米生物产量及其组分动态的影响[J]. 玉米科学, 1999(4): 57-60, 72.
- [17] 卢建武, 邱慧珍, 张文明, 等. 半干旱雨养农业区马铃薯干物质和钾素积累与分配特性[J]. 应用生态学报, 2013, 24(2): 423-430.
- [18] 赵营, 同延安, 赵护兵. 不同供氮水平对夏玉米养分累积、转运及产量的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2006, 12(5): 622-627.
- [19] 蔡树美, 吕卫光, 田吉林, 等. 水肥优化耦合下设施青菜的养分吸收和干物质积累规律[J]. 生态与农村环境学报, 2015(3): 385-389.
- [20] Ma Qinghua, Zhang Fusuo, Rengel Z, et al. Localized application of NH_4^+-N plus P at the seedling and later growth stages enhances nutrient uptake and maize yield by inducing lateral root proliferation[J]. Plant and Soil, 2013, 372(1/2): 65-80.
- [21] 周博, 周建斌. 不同水肥调控措施对日光温室土壤水分和番茄水分利用率的影响[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2009, 37(1): 211-216.

(上接第 259 页)

[参 考 文 献]

- [1] 德机. 混凝土管道钢筋笼生产技术的开拓者: 德国 MBK 公司[J]. 中国建材, 2000(10): 82-82.
- [2] 翟俊杰. 谈长临高速公路钢筋笼模具法施工[J]. 山西建筑, 2016, 42(24): 155-156.
- [3] 陶美祥, 谢志红, 黄振燕. 胎具法钢筋笼制作施工工艺[J]. 中外公路, 2012, 32(S1): 71-73.
- [4] 张东升. 钻孔桩钢筋笼滚焊机应用[J]. 建筑机械, 2006(23): 104-104.
- [5] 杨大金, 李勇涛, 秦强国. 滚焊机在施工中的应用研究[J]. 公路交通科技: 应用技术版, 2012, 8(3): 150-151.
- [6] 童斌华, 戴中华, 宁英杰. 钢筋笼滚焊机在钻孔桩中的应

用[J]. 交通运输研究, 2009(13): 236-237.

- [7] 孙小霞. 钢筋笼滚焊机在施工中的应用[J]. 北方交通, 2011(5): 158-160.
- [8] 谭莹, 张晓斌. 深基坑钻孔灌注桩钢筋笼制作与安装[J]. 施工技术, 2012, 41(13): 48-50.
- [9] 高哲. 一种土木建筑水利水保桩基工程中的钢筋笼加工平台: 中华人民共和国, 2016109361470[P]. 2016-11-1.
- [10] 中华人民共和国建设部. JGJ94-2008 建筑桩基技术规范[S]. 中国建筑工业出版社: 北京. 2008: 5-65.
- [11] 中华人民共和国住房和城乡建设部. JGJ107-2016 钢筋机械连接技术规程[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2016: 10-11.