

# 水肥互作对蒜苗生长和品质的影响

杨录良<sup>1,2</sup>, 齐广平<sup>1</sup>

(1. 甘肃农业大学水利水电学院, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃省景泰川电力提灌管理局, 甘肃 景泰 730400)

**摘要:** 在微垄膜下滴灌种植方式下设置不同施肥比例与灌水定额试验组合, 对蒜苗生长、产量和品质指标进行定量监测。结果表明, 施 N 300 kg/hm<sup>2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 225 kg/hm<sup>2</sup>、K<sub>2</sub>O 225 kg/hm<sup>2</sup>+灌水 1 350 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> 处理的假茎粗 12.36 mm, 单株鲜重 41.43 g; 折合产量最高, 为 46 094.40 kg/hm<sup>2</sup>。施 N 300 kg/hm<sup>2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 225 kg/hm<sup>2</sup>、K<sub>2</sub>O 225 kg/hm<sup>2</sup>+灌水 900 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> 处理的 WUE 最大, 达 46.05 kg/m<sup>3</sup>。综合产量、品质等评价指标, 推荐应用施 N 300 kg/hm<sup>2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 225 kg/hm<sup>2</sup>、K<sub>2</sub>O 225 kg/hm<sup>2</sup>+灌水 1 350 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> 的灌溉施肥制度。

**关键词:** 水肥耦合; 蒜苗; 产量; 品质

**中图分类号:** S143.7; S633.9 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2018)12-0003-05

**doi:** 10.3969/j.issn.1001-1463.2018.12.002

## Effects of Water and Fertilizer Coupling on Soil Water Status, Growth and Yield and Quality of Garlic Bolt

YANG Luliang<sup>1,2</sup>, QI Guangping<sup>1</sup>

(1. College of Water Resources and Hydropower, Gansu Agricultural University, Lanzhou Gansu 730070, China; 2. Jingtaichuan Electric Pumping-irrigation Authority of Gansu Province, Jingtai Gansu 730040, China)

**Abstract:** With the drip irrigation under plastic film in mini-ridge cultivation pattern, different fertilization rates and irrigation quota, the growth were set to determine, yield and quality of garlic bolt quantitatively. The results showed that the diameter and fresh weight of medium-sized pseudostem were more prominent when fertilization amount were N 300 kg/hm<sup>2</sup>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 225 kg/hm<sup>2</sup>, K<sub>2</sub>O 225 kg/hm<sup>2</sup> and irrigation water amount was 1 350 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>, which was 12.36 mm and 41.43 g respectively. The output was the highest, reaching 46 094.40 kg/hm<sup>2</sup>. WUE treated with fertilization amount of N 300 kg/hm<sup>2</sup>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 225 kg/hm<sup>2</sup>, K<sub>2</sub>O 225 kg/hm<sup>2</sup>+ irrigation water amount of 900 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> was the largest, reaching 46.05 kg/m<sup>3</sup>. Based on the comprehensive evaluation indexes of output and quality, an irrigation and fertilization system with fertilization amount of N 300 kg/hm<sup>2</sup>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 225 kg/hm<sup>2</sup>, K<sub>2</sub>O 225 kg/hm<sup>2</sup>+ irrigation amount of 1 350 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> is recommended.

**Key words:** Water and fertilizer coupling; Garlic bolt; Yield; Quality

我国水资源总量丰富, 占全球水资源总量的 6%, 但是由于存在人口基数大、地域广阔、区域气候条件复杂等情况, 造成我国人均水资源占有量少、水旱灾害频繁、水资源时空分布不均等现象<sup>[1]</sup>。农业用水占到总用水量的 65%左右, 属于绝对的用水大户, 但农业灌溉用水过程中存在超

定额灌溉、灌水方式落后、灌溉制度不配套等现象, 水资源利用效率不高<sup>[2]</sup>。我国每年生产和消费的化肥量超过 4 500 万 t, 而全国氮肥利用率仅有 30%, 灌溉和施肥缺乏系统性, 水肥资源利用率低下<sup>[3]</sup>。

水肥耦合效应在我国的研究应用起步较早,

收稿日期: 2018-07-17

作者简介: 杨录良(1987—), 男, 甘肃兰州人, 助理工程师, 主要从事灌溉管理工作。Email: jinxnk009@163.com。

通信作者: 齐广平(1969—), 男, 甘肃庆阳人, 教授, 博士, 主要从事农业水土工程研究工作。Email: jinxnk009@163.com。

配合力与遗传效应[J]. 西北农业学报, 2016, 25(11): 1623-1628.

[6] 王毅, 董云, 靳丰蔚, 等. 基施氮量对旱作区春油菜生长发育的影响[J]. 甘肃农业科技, 2017(7): 60-64.

[7] 王毅, 庞进平, 董云, 等. 油菜产量与主要农艺性

状的灰色关联度分析[J]. 种子, 2011, 7(30): 99-101.

[8] 王毅, 董云, 漆燕玲. 引大灌区甘蓝型春油菜品种试验简报[J]. 甘肃农业科技, 2008(9): 26-28.

(本文责编: 陈伟)

在 20 世纪 90 年代就研究了滴灌条件下水肥耦合对棉花、冬小麦、夏玉米等作物生长和产量的影响, 并和常规技术进行了对比分析, 证明其具有明显的节水节肥增产效应<sup>[4-5]</sup>, 近年来, 水肥耦合通过结合覆膜、起垄等农艺措施在不同作物上展开了大量的研究, 研究领域也逐渐拓展到蔬菜、紫花苜蓿、楸树、甜瓜等<sup>[6-9]</sup>, 并在作物生理特性、营养元素分配、土壤微生物活性以及产量和品质等多方面的综合效应进行了分析评价, 均取得了良好的效果。在氮、磷、钾施肥配比和灌溉制度方面, 叶林等<sup>[10]</sup> 在设施栽培条件下对薄皮甜瓜各营养元素优化施肥配比进行了定量化研究, 提出当氮、磷、钾施用比例为 1:1:1 时, 甜瓜产量取得最大值; 刘金龙等<sup>[11]</sup> 在滴灌水肥一体化条件下, 利用主成分分析法对玉米产量、品质都取得最佳值时的施肥配比进行了研究, 提出氮磷钾最优比例为 1:0.48:0.40。

大蒜在我国种植已有 2000 多年的历史<sup>[12-13]</sup>。在蒜苗需肥方面, 郭会平等<sup>[14]</sup> 通过不同配比营养液对青蒜苗生长及生理等影响进行了研究, 提出了不同大量元素和微量元素混合的无土栽培方法; 李贺等<sup>[15]</sup>、刘景凯等<sup>[16]</sup> 对微量元素镉、硅对蒜苗的胁迫响应进行了试验研究。但对于水肥耦合及施肥制度在蒜苗上的应用研究鲜有报道。我们在景泰川蒜苗主产区, 通过设置不同的施肥比例与灌水定额相互耦合下, 对蒜苗生长、产量和品质指标进行定量监测研究, 以期提出适合本地区的氮、磷、钾合理施肥比例及节水灌溉制度相耦合的灌溉施肥制度, 提高灌溉水利用效率及水肥生产效率。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验区概况

试验于 2017 年 3—7 月在甘肃省景泰川生态农业试验示范基地进行。北纬 35° 48' 44.75", 东经 105° 53' 12.21", 海拔 1 861 m, 属于温带大陆性气候, 气候温和, 四季分明。多年平均气温

12.7 ℃, 最高气温 42.0 ℃, 最低气温 -21.8 ℃。多年平均降水量 570.2 mm, 年最大降水量 1 088.1 mm, 年最小降水量 220.3 mm。无霜期 198 d, 平均大气湿度 45%, 日照时数 3 028 h。≥10 ℃的积温 3 145 ℃; >0 ℃的积温 3 550 ℃。最大冻土层深 115 cm。试验区以砂土和砂壤土为主, 表层土壤平均容重 1.35 g/cm<sup>3</sup>, 田间持水量为 23.8%。耕层土壤含碱解氮 92.0 mg/kg、有效磷 13.8 mg/kg、速效钾 125.4 mg/kg、有机质 25 g/kg。试验区土壤质地组分如表 1 所示。

### 1.2 供试材料

供试氮肥为尿素 (含 N 46%), 中国石油天然气股份有限公司生产; 磷肥为普通过磷酸钙 (含 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ≥ 12%), 云南云天化国际化工股份有限公司生产; 钾肥为农用硫酸钾 (含 K<sub>2</sub>O ≥ 51%), 国投新疆布罗布泊钾盐有限责任公司生产, 指示蒜苗品种为金蒜 3 号。

### 1.3 试验设计

设置灌水量和施肥量两因素正交组合试验, 共计 6 个处理, 3 次重复, 小区面积 16 m<sup>2</sup>。设计方案如表 2 所示。采用微垄膜下滴灌种植方式, 按行距 10~15 cm、株距 3~5 cm 于 3 月 20 日播种, 预计 6 月 10 日收获, 全生育期 80 d。春播前施入充分腐熟的有机肥 75 000 kg/hm<sup>2</sup>、尿素 300 kg/hm<sup>2</sup>、普通过磷酸钙 750 kg/hm<sup>2</sup>、硫酸钾 225 kg/hm<sup>2</sup>。灌水量设 2 个处理, 每次分别灌 150 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> 和 225 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>, 灌溉 6 次, 灌水周期根据天气变

表 2 水肥耦合组合试验设计

处理	施肥处理/(kg/hm <sup>2</sup> )			灌水处理 (m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> )
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
T1	375	180	225	1 350
T2	300	225	225	1 350
T3	225	270	150	1 350
T4	375	180	225	900
T5	300	225	225	900
T6	225	270	150	900

表 1 试验区土壤质地组分

采样深度 /cm	饱和含水量 (cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> )	容重 (g/cm <sup>3</sup> )	各颗粒组分百分数/%			土壤质地
			黏粒 d<0.002 mm	粉粒 0.002 mm<d<0.02 mm	砂粒 d>0.02 mm	
0~20	28.91	1.39	34.92	13.88	51.2	砂质壤土
20~40	26.35	1.35	27.45	33.55	39.0	砂质壤土
40~60	31.52	1.43	7.52	14.46	78.02	砂土
60~80	32.47	1.45	1.48	17.63	80.89	砂土

化为 7~10 d。生育期施肥 3 次，分别在幼苗期、五叶期和始薹期，各生育期施肥比例见表 3。

表 3 蒜苗各生育期施肥比例 %

养分	生育期		
	幼苗期	五叶期	始薹期
N	30	50	20
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	40	40	20
K <sub>2</sub> O	45	45	10

1.4 测定项目

1.4.1 土壤含水率 用土壤墒情自动监测系统连续测定 0~120 cm，每 20 cm 为 1 层的土壤含水率动态，并采用取土烘干称重法对其测定的含水率进行校正，观测点布置在距离植株 20 cm 处。

1.4.2 生长指标 在蒜苗关键生育期分别对其生长指标进行测定，主要包括株高、假茎长、假茎粗、单株鲜重。在每小区随机选择 20 株蒜苗，用钢卷尺、游标卡尺等对其生长指标进行测量，随后挖取带回实验室测其鲜重。

1.4.3 产量及产量构成要素 在成熟期，每小区在垄上随机选择长 1 m 的垄面收获，每个处理至少 3 次重复，用电子天平测其重量，根据小区的垄面总长度进行产量换算。将鲜样带回实验室置于 108 ℃ 烘箱中杀青 30 min，后将温度调节至 80 ℃ 烘干至衡重，测其干物质重，并利用下式计算灌溉水生产效率：

$$WUE=Y_m/I_m$$

其中 WUE 为灌溉水生产效率 (kg/m<sup>3</sup>)；Y<sub>m</sub> 为蒜苗实测产量(kg/hm<sup>2</sup>)；I<sub>m</sub> 为灌溉定额(m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>)。

1.4.4 品质指标 在成熟期，每个小区随机选择

10 株蒜苗鲜样带回实验室，按不同试验设计分类处理，用苯酚法测定其可溶性糖含量，用滴定法测定维生素 C 的含量，考马斯亮蓝染色法测定可溶性蛋白质的含量，光度分析法测定氨基酸总量。

1.5 数据处理及计算方法

数据利用 excel 绘图，采用 DPS 软件进行显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理下的水分垂直分布

从滴灌蒜苗在不同处理下幼苗期、五叶期及始薹期 3 个特征生育期灌水前的土壤含水量垂直分布(图1)可以看出，各次灌水之前的土壤含水率受前次灌水量和作物生长双重作用的影响，基本上灌水上限较大的处理在下次灌溉前土壤含水率较高。幼苗期，80 cm 以上土壤中处理 T4、处理 T5、处理 T6 含水率保持较高水平，其次为处理 T3>处理 T2>处理 T1，说明在蒜苗生长前期耗水量相差不大，该时期的土壤含水率主要受土壤蒸发和灌水定额的影响。五叶期，80 cm 以上的土层中，处理 T6 的土壤含水率最高，这可能与蒜苗快速生长期的耗水有关。始薹期总体规律与五叶期类似，但土壤含水率整体较五叶期小。各时期土壤含水率在 40 cm 深处出现最小值，这是因为该层为蒜苗主要根系活动区，其生理活动消耗大量的水分，但是表层(0~20 cm)处土壤含水率较高，这可能是由于间作表层土壤水分横向运移补了充一定的水分。

2.2 不同处理对蒜苗生长指标的影响

从表 3 可知，各处理株高均表现出较为明显

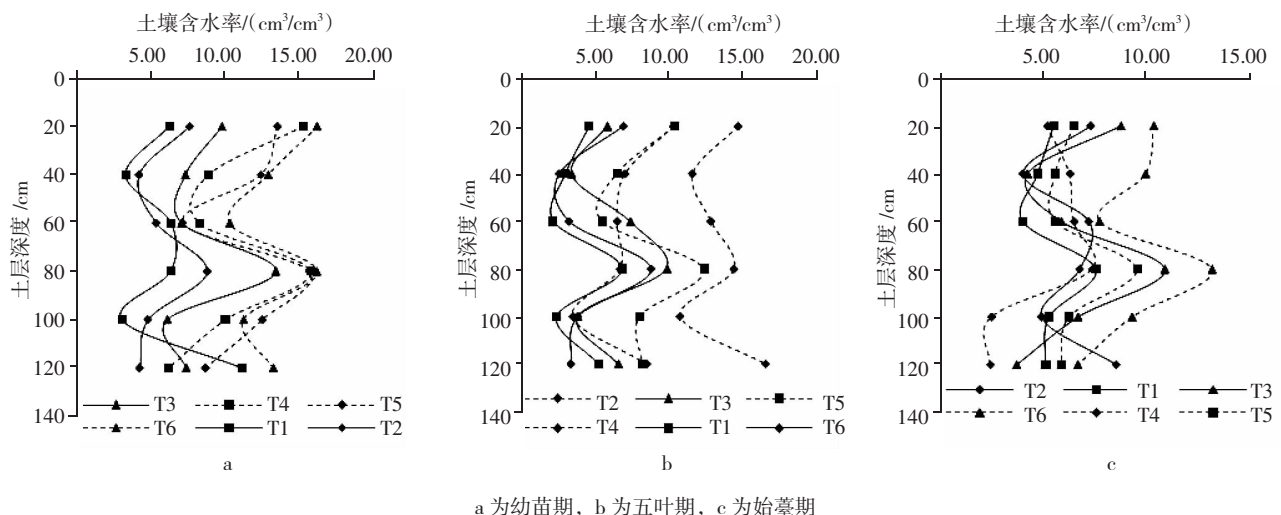


图 1 蒜苗不同生育期灌水前土壤水分垂直分布

的差异, 其中处理 T2, 即中氮中磷高钾、高灌水量处理对蒜苗的增高具有明显的促进作用, 株高最矮的是处理 T6, 较处理 T2 降低 11.2%。可见蒜苗株高的增长对水肥的反应较为敏感, 灌溉定额和施肥配比对其能产生较大的影响, 较小的灌溉定额对其生长会产生明显的抑制作用。但过度施肥不仅不能促进蒜苗生长, 反而造成养分浪费, 水肥生产效率不高。处理 T2 的假茎粗 12.36 mm、假茎长 9.2 cm 和单株鲜重 41.43 g, 均表现较为突出, 说明在适宜的种植密度下, 对蒜苗灌溉施肥进行合理优化有利于提高其生长指标, 为后期收获产量和经济效益奠定基础。因此, 单从生长指标来看, 应用处理 T2 灌溉施肥制度对促进蒜苗生长和提高水肥生产效率会起到积极作用。

表 3 不同处理蒜苗生长情况

处理	株高 /cm	假茎粗 /mm	假茎长 /cm	单株鲜重 /(g/株)
T1	66.00	10.22	8.4	39.29
T2	69.33	12.36	9.2	41.43
T3	64.50	9.32	6.8	31.54
T4	56.00	10.80	6.0	35.25
T5	64.00	8.96	7.2	37.97
T6	62.33	7.56	8.0	35.76

### 2.3 不同处理对产量和 WUE 的影响

从表 4 可以看出, 不同灌溉定额和施肥制度对蒜苗的产量和经济效益均有一定的影响, 折合产量最高的是处理 T2, 达到 46 094.40 kg/hm<sup>2</sup>; 其次是处理 T1(高水肥投入), 为 41 449.35 kg/hm<sup>2</sup>, 比产量最高的处理 T2 减产 10.1%。水分生产效率(WUE)处理 T1 仅为 29.12 kg/m<sup>3</sup>, 处理 T2 达 34.14 kg/m<sup>3</sup>, 可见高水肥处理不能显著提高产量, 甚至会降低产量, 水分生产效率也不高。折合产量最低的是低水且氮肥较少的处理 T6, 仅为 29 300.40 kg/hm<sup>2</sup>, 比处理 T2 减产 57.3%。水分生产效率最高的处理是处理 T5, 达 46.05 kg/m<sup>3</sup>, 折合产量为 39 305.40 kg/hm<sup>2</sup>, 比处理 T2 减产 14.7%, 不利于提高蒜苗单位面积产出和经济效益的提高, 综合

表 4 不同处理蒜苗产量和经济效益及水分生产效率

处理	产量 /(kg/hm <sup>2</sup> )	经济效益 /(元/hm <sup>2</sup> )	灌水量 /(m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> )	WUE /(kg/m <sup>3</sup> )
T1	41 449.35	78 610.8	1 350	29.12
T2	46 094.40	92 188.8	1 350	34.14
T3	42 163.95	84 327.9	1 350	31.23
T4	36 089.40	72 178.8	900	40.10
T5	39 305.40	82 898.7	900	46.05
T6	29 300.40	58 600.8	900	32.56

不同处理下蒜苗株高、单株鲜重等生长指标, 推荐处理 T2 作为该地区蒜苗种植的灌溉施肥制度, 不仅有利于提高产量, 而且有利于提高水肥生产效率, 增加经济效益。

### 2.4 不同处理对蒜苗品质的影响

由表 5 可以看出, 不同处理对蒜苗品质的影响较大, 特别是在低定额灌水量下, 各品质指标总体较高。在施肥总量相同的条件下, 处理 T1 和处理 T4 各品质指标差异较大。可溶性糖含量处理 T1 仅为 1.36%, 而处理 T4 则达到了 2.29%, 后者较前者增大 68.4%; 维生素 C 含量也表现出与可溶性糖含量相同的规律, 处理 T1 和处理 T4 维生素 C 含量分别为 32.1 mg/100 g、36.7 mg/100 g, 处理 T4 比处理 T1 提高 14.3%; 可溶性蛋白含量和氨基酸总量处理 T4 比处理 T1 分别提高 71.1%和 13.9%。即在相同施肥处理下, 不同灌溉定额对不同品质指标的影响并不相同, 其中维生素 C 含量和可溶性蛋白含量表现最为敏感, 可溶性糖含量和氨基酸总量次之。其他处理之间也具有相同的规律。

在相同灌水量下, 不同施肥处理对蒜苗各品质指标的影响也较大。可溶性糖含量依次为处理 T4>处理 T5>处理 T6, 说明多施氮肥有助于提高蒜苗可溶性糖的含量, 处理 T4 比处理 T6 则提高 64.8%, 可见多施氮肥优化蒜苗品质的效果明显。维生素 C 含量、可溶性蛋白含量及氨基酸总量的规律和可溶性糖含量相同, 可见氮肥对提高蒜苗品质至关重要。处理 T6 为磷肥施用较多, 但各处理的蒜苗品质指标均不高, 说明磷肥对提高蒜苗品质的作用较为有限, 这可能与当地土壤中磷含量较为丰富有关。综合各水肥耦合处理, 整体上大水大肥的处理在提高蒜苗各品质指标方面表现出一定的优势。其次为处理 T5, 即高水中肥。处理 T5 和处理 T6 除了可溶性蛋白含量前者比后者增加 23.2%外, 其余各指标均差异不大, 说明试验

表 5 不同处理对蒜苗品质的影响

处理	可溶性糖 /%	维生素C /(mg/100 g)	可溶性蛋白 /(mg/g)	氨基酸总量 /(g/100 g)
T1	1.36	32.1	9.96	1.51
T2	1.42	33.2	9.46	1.58
T3	1.36	30.0	8.77	1.46
T4	2.29	36.7	17.04	1.72
T5	1.84	35.4	12.38	1.62
T6	1.39	34.0	10.06	1.60

区在一定程度上可以使用处理 T5 的灌溉施肥制度,既能减少化肥的使用量,也能保证蒜苗品质指标不产生严重的下降。

### 3 小结与讨论

通过对不同水肥耦合处理下蒜苗生长和综合产量指标的监测和分析,表明土壤水分受灌溉和腾发双重作用的影响,在不同处理下,灌溉和施肥对蒜苗生长均有一定的影响,特别是在关键生育期,适宜的水分和养分条件对促进蒜苗生长和光合干物质的积累和分配运移具有显著的影响。株高、假茎粗、假茎长、单株鲜重是蒜苗地上生物量积累和营养体分布的指标,也是决定蒜苗终产量的重要指标。在施 N 300 kg/hm<sup>2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 225 kg/hm<sup>2</sup>、K<sub>2</sub>O 225 kg/hm<sup>2</sup>+ 灌水量 1 350 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> 处理下,株高、假茎粗、假茎长、单株鲜重等生长指标均优于其他处理。可见合理减控化肥施用量配合合理高效的灌溉水量和灌溉方法,不仅能够减少化肥的使用量,而且有助于蒜苗干物质的积累。

通过对蒜苗终产量和经济效益的测定发现,不同处理对产量影响较大,特别是在低定额灌溉条件下影响尤为突出,利用滴灌结合等比例施肥泵等水肥一体化设备,能做到在节水条件下提高肥料的利用率。试验表明,在蒜苗生长期,氮素和磷素对其影响较大,并且这两种元素具有一定的交互作用,在 1 350 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> 的灌水定额配合优选施肥制度下,不仅能提高产量,还在水分利用效率(WUE)、经济效益以及其他生长指标均表现出一定的优势。其中施 N 300 kg/hm<sup>2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 225 kg/hm<sup>2</sup>、K<sub>2</sub>O 225 kg/hm<sup>2</sup>+ 灌水量 1 350 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> 处理的折合产量最高,为 46 094.40 kg/hm<sup>2</sup>。

蒜苗品质对水肥较为敏感。在相同施肥处理下,不同灌溉定额对不同的品质指标的影响并不相同,其中维生素 C 含量和可溶性蛋白含量表现最为敏感,可溶性糖含量和氨基酸总量表现次之,其他处理之间也具有相同的规律。在相同灌水量处理下,不同施肥处理对蒜苗各品质指标的影响也较大,多施氮肥有助于提高蒜苗可溶性糖的含量。综合产量、品质等评价指标,推荐使用施 N 300 kg/hm<sup>2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 225 kg/hm<sup>2</sup>、K<sub>2</sub>O 225 kg/hm<sup>2</sup>+ 灌水量 1 350 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> 处理,有利于增加产量和效益,促进绿色生态灌区建设和蒜苗产业的可持续发展。试验区在一定程度上可以使用施 N 300 kg/hm<sup>2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 225 kg/hm<sup>2</sup>、K<sub>2</sub>O 225 kg/hm<sup>2</sup>+ 灌水量 900 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>

的灌溉施肥制度,既能减少化肥的使用量,也能保证蒜苗其品质指标不产生严重的下降。

### 参考文献:

- [1] 杨博,南昊.我国水资源现状及其安全对策研究[J].太原学院学报,2016,34(1):9-12.
- [2] 叶云雪.我国农业用水及节水农业发展现状[J].现代农业,2015(12):75.
- [3] 陈远鹏,龙慧,刘志杰.我国施肥技术与施肥机械的研究现状及对策[J].农机化研究,2015(4):255-260.
- [4] 冯绍元,黄冠华,王凤新,等.滴灌棉花水肥耦合效应的田间试验研究[J].中国农业大学学报,1998,3(6):59-62.
- [5] 沈荣开,王康,张瑜芳,等.水肥耦合条件下作物产量、水分利用和根系吸氮的试验研究[J].农业工程学报,2001,17(5):35-38.
- [6] 吴子孝,陈修斌,许耀照,等.水肥耦合对河西绿洲娃娃菜生理特性及产量影响[J].土壤与作物,2016,5(3):135-140.
- [7] 张艾明,刘云超,李晓兰,等.水肥耦合对紫花苜蓿土壤磷酸酶活性的影响[J].生态学杂志,2016,网络出版.
- [8] 邱权,李吉跃,王军辉,等.水肥耦合效应对楸树苗期叶片净光合速率和 SPAD 值的影响[J].生态学报,2016,36(11):3459-3468.
- [9] 马忠明,杜少平,薛亮.滴灌施肥条件下砂田设施甜瓜的水肥耦合效应[J].中国农业科学,2016,49(11):2164-2173.
- [10] 叶林,李建设,张光弟,等.氮磷钾耦合效应对日光温室厚皮甜瓜产量的影响[J].北方园艺,2015(6):50-54.
- [11] 刘金龙,李波,王铁良,等.沈阳地区滴施条件下施肥比例对玉米产量和品质的影响[J].江苏农业科学,2015,43(2):95-98.
- [12] 张大跃,闫吉智,刘忠元.蒜苗专用型新杂交种绿丰 1 号选育报告[J].甘肃农业科技,2016(12):13-14.
- [13] 白鑫,马平虎,蒲建刚.3 种复配剂防治蒜苗叶枯病田间药效试验简报[J].甘肃农业科技,2007(10):23-24.
- [14] 郭会平,刘世琦,钱胜艳.不同营养液配方对青蒜苗生长及生理特性的影响[J].山东农业科学,2015,47(12):24-27.
- [15] 李贺,连海峰,刘世琦,等.镉胁迫对大蒜苗生理特性的影响及施钙的缓解效应[J].应用生态学报,2015,26(4):1193-1198.
- [16] 刘景凯,刘世琦,冯磊,等.硅对青蒜苗生长、光合特性及品质的影响[J].植物营养与肥料学报,2014,20(4):989-997.

(本文责编:杨杰)