植物营养与肥料学报 2013,19(1):150-157
Plant Nutrition and Fertilizer Science doi: 10.11674/zwyf.2013.0118

密度、氮肥互作对旱砂田西瓜产量、品质及氮肥利用率的影响

杜少平[1], 马忠明[2*], 薛 亮[3]
(1 甘肃省农业科学院蔬菜研究所,甘肃兰州 730070; 2 甘肃省农业科学院,甘肃兰州 730070;
3 甘肃省农业科学院土壤肥料与节水农业研究所,甘肃兰州 730070)

摘要: 为了探明旱砂田西瓜产量、品质及氮肥利用率同步提高的最佳施氮量和种植密度,制定合理的栽培措施,本试验以中晚熟品种陇抗九号为试材,在砂田条件下设置了3个种植密度(9525、12120、16680 株/hm^2)和4个施氮水平(0、100、200、300 kg/hm^2),研究了氮密互作对西瓜产量、品质和氮素利用率的影响。结果表明,种植密度和施氮量均显著影响西瓜产量及品质,但两者互作效应不显著,两因素中密度是导致产量变化的主导因素,西瓜产量为高密度>中密度>低密度,高密度处理的平均西瓜产量较中、低密度分别显著提高了23.46%和45.58%;而施氮量对西瓜品质的调控具有显著作用,施氮量在0~200 kg/hm^{2}范围内,西瓜产量及品质随施氮量的增加而提高,之后有下降趋势,N200处理的西瓜含糖量较N0和N300分别显著提高了1.43%和1.92%,Vc含量分别提高了13.09%和8.42%。西瓜产量提高引起氮肥偏生产力和氮肥吸收利用率的协同提高。综合考虑产量、品质和氮素利用率等因素,在本试验条件下,砂田全膜覆盖栽培西瓜的适宜种植密度为16680 株/hm^2、适宜的施氮量为200 kg/hm^2,其西瓜产量、含糖量及氮肥吸收利用率分别为61754 kg/hm^2、10.59%和22.29%。

关键词: 西瓜; 密度; 氮肥; 产量; 品质; 氮肥利用率; 砂田
中图分类号: S318 **文章标识号:** A **文章编号:** 1008-505X(2013)01-0150-08

Effects of interaction between density and nitrogen on the yield, quality and nitrogen use efficiency of watermelon in gravel-mulched field

DU Shao-ping[1], MA Zhong-ming[2*], XUE Liang[3]
(*1 Institute of Vegetables, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, China; 2 Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, China; 3 Institute of Soil, Fertilizer and Water-saving Agricultural, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, China*)

Abstract: In order to verify the optimum nitrogen application rate and planting density for higher yield、quality and nitrogen use efficiency of watermelon in gravel mulched field, and to provide basis for the development of rational cultivation measures, Longkang 9 representing late variety was used in this study. Under field condition, three planting densities (9525, 12120, 16680 plant/ha) and four nitrogen rates (0, 100, 200, 300 kg/ha) were applied to study the interaction between nitrogen and density on yield、quality and nitrogen use efficiency of watermelon in Gravel-mulched field. The results show that planting density and nitrogen rate have significant effects on yield and quality of watermelon, but the interactive effect between them was not significant. Compared with the nitrogen rates planting density is a key factor for increasing the yield, with increased planting density, the yield of watermelon has improved, the yield of high density increased by 23.46% and 45.58% respectively compared to middle density and low density. The nitrogen rate have significant regulating effect for quality of watermelon, when nitrogen application rate increased from 0 up to 200 kg/ha, the yield and quality were also increased with nitrogen

收稿日期: 2012-04-01 **接受日期:** 2012-09-07
基金项目: 国家西甜瓜产业技术体系土壤肥料岗位(CARS-26-20)项目资助。
作者简介: 杜少平(1979—),男,甘肃静宁人,硕士,研究实习员,主要从事砂田西瓜高效栽培技术研究。E-mail:dushaoping2007@163.com
* 通信作者 E-mail:mazhming@163.com

application rate, and lowered while continue to increase amount of nitrogen fertilizer, the N200 treatment increased sugar content of watermelon by 1.43% and 1.92%, and of the Vc content by 13.09% and 8.42% compared to N0 and N300. The partial factor productivity and recovery efficiency of applied N were improved for increasing yield of watermelon. In this study, taking yield、quality and nitrogen use efficiency into consideration, the appropriate plant density and nitrogen rate of watermelon in sandy field are 16680 plant/ha and N 200 kg/ha respectively, the yield、sugar content and nitrogen recovery efficiency of which were 61754 kg/ha, 10.59% and 22.29%.

Key words: watermelon; density; nitrogen; yield; quality; nitrogen use efficiency; gravel-mulched field

西瓜产量的高低和品质的优劣主要取决于品种的遗传特性、栽培条件和环境条件。在各种栽培措施中，种植密度与氮素营养是影响西瓜产量和品质的主要因素[1]。密度主要是通过对西瓜群体结构的调整，进而影响西瓜地上的叶面积指数、光合强度、透光率及地下养分竞争。研究表明种植密度越高，西瓜个体发育进程推迟，单株产量降低，养分消耗越多，但由于单位面积坐瓜数增多而产量增加[2-3]。氮是构成西瓜体内蛋白质、核酸、叶绿素和多种酶、多种维生素的主要成分，氮素营养水平直接影响西瓜的产量和品质[4]。已有研究表明，西瓜生长对氮素营养水平反应比较敏感，适量的氮素营养可以合成较多的蛋白质和叶绿素含量，加速植株茎和叶片的生长，提高西瓜进行光合作用的能力，有利于干物质的积累和果实的膨大，提高产量[5-6]。若氮素供应过多，则光合产物多用于生长，营养生长过旺，不利于营养生长向生殖生长的转化，且西瓜的大部分糖分被迫用于蛋白质合成，同时还促进西瓜蔗糖分解，使苦味酸的含量增加，降低了含糖量，严重影响西瓜的产量和品质[6-7]；若氮肥不足，将造成植株矮小，生长缓慢，发育受到阻碍[6]。就目前西瓜生产施肥现状看，盲目、超量和施肥不足的问题仍然严重，氮肥过量施用普遍存在[8]。

砂田作为西瓜生产的特殊环境条件，主要集中分布在我国降雨偏少的甘肃中部，以及宁夏、青海和新疆的部分地区，是我国西北干旱、半干旱地区独特的、传统的抗旱耕作方式，属土壤覆盖和水土保持方法之一[9-11]。砂田较土田具有减少蒸发和径流、提高土壤温度、增加水分入渗、阻止水土流失和土壤次生盐渍化的作用[12-16]。近年来，随着砂田瓜菜产业的兴起，西瓜种植面积逐年扩大[17]。以往研究主要集中在施肥或者种植密度单个因子对西瓜生长发育、产量品质调控效应方面，而对于两者的互作效应对产量、品质及氮肥利用率的研究还鲜见报道，特别是在砂田方面。本试验设置了不同种植密度和施氮量，探讨氮密互作条件下西瓜高效吸收利用氮素的特性，旨在探明产量、品质和氮素资源利用效率同步提高的最佳施氮量和种植密度的平衡点，为制定砂田西瓜合理的栽培措施，实现高产高效提供理论依据。

1　材料与方法

1.1　试验设计

试验于2011年在甘肃省农业科学院皋兰试验站进行，试验地位于皋兰县中心乡三坪村（36°13′N，103°42′E），平均海拔1830 m左右，属温带半干旱气候区，降水少且变率大，季节分配不均，多年平均降水量260 mm，多集中在7～9月份，占全年降水的60%以上，年平均气温7.0℃，≥10℃的活动积温为2798℃，无霜期142 d。土壤质地为砂土，土壤肥力偏低，播前土壤基础养分含量（0—20 cm土层）：有机质5.80 g/kg、全氮0.43 g/kg、碱解氮为27.15 mg/kg、速效磷2.66 mg/kg、速效钾91.70 mg/kg、有效硼0.50 mg/kg、有效锌0.80 mg/kg、pH 8.5。

供试西瓜品种为甘肃省农科院蔬菜所培育的陇抗九号。

本试验采用密度（D）、氮肥（N）两因素完全随机区组设计，主区为密度处理，设高（16680株/hm^2，以D1表示）、中（12120株/hm^2，以D2表示）、低（9525株/hm^2，以D3表示）3个水平；副区为氮肥处理，设N 0、100、200、300 kg/hm^2 4个水平，分别用N0、N100、N200、N300表示，磷、钾肥均为P_2O_5 90 kg/hm^2、K_2O 150 kg/hm^2。小区面积为24 m^2，3次重复。试验所用氮肥为尿素（N 46%）、磷肥为普过磷酸钙（P_2O_5 12%）、钾肥为硫酸钾（K_2O 50%），其中氮肥60%做基肥于播前瓜行条施，40%做追肥伸蔓期穴施，磷、钾肥做基肥于播前一次性施入瓜行。宽窄行“品”字形穴播，宽行0.9 m、窄行0.6 m，播后进行宽窄膜相配套的全膜覆盖技术。4月15日

播种,7月20日收获,其他管理措施按常规。

1.2 测定项目与方法

西瓜成熟时,每小区随机选取具有代表性的10个瓜计算单瓜重,并统计每小区西瓜数,然后计算产量。使用手持式折光仪测定含糖量,比色法测定维生素C含量[18],硝酸盐含量采用紫外分光光度法(NY/T 1279-2007),有效酸度用pH计测定,土壤基础理化性状分析及植株干物质养分含量测定采用土壤农业化学常规分析方法[19]。

氮肥偏生产力=施氮区产量/施氮量;

氮肥当季利用率(%)=(施肥处理植株氮积累量-不施肥处理植株氮积累量)/氮肥投入量×100。

统计分析和差异显著性检验采用SPSS16.0版软件分析,用LSD法进行显著性检验。

2 结果与分析

2.1 氮肥与密度互作对西瓜单瓜重及产量的影响

单瓜重是影响西瓜产量的一项基本因素。通过双因素方差分析表明(表1),施氮量和种植密度均能显著影响西瓜单瓜重(F=27.58和27.83),单瓜重表现出随氮肥施用量增加、种植密度降低而增加的变化趋势。施氮处理的西瓜单瓜重均极显著高于不施氮肥处理,N100、N200、N300处理的平均单瓜重较N0分别提高了19.64%、27.65%和24.55%,其中以N200处理的平均单瓜重最高,较N100显著提高了6.70%,而N300与N100处理之间差异不显著。不同种植密度间的平均单瓜重表现出低密度>中密度>高密度,且差异达到了极显著水平,D3处理较D2和D1分别提高了8.04%和20.34%。氮肥和密度之间的互作效应不显著(F=0.86)。

表1 不同肥密处理的单瓜重(kg/fruit)

Table 1 Average fruit weight as affected by different density and nitrogen treatments

处理 Treatment	N0	N100	N200	N300	平均值 Average
D1	3.45±0.29	4.14±0.18	4.63±0.09	4.30±0.22	4.13 cC
D2	3.73±0.18	4.68±0.12	5.05±0.16	4.95±0.10	4.60 bB
D3	4.42±0.22	5.08±0.14	5.15±0.13	5.22±0.20	4.97 aA
平均值 Average	3.87 cB	4.63 bA	4.94 aA	4.82 abA	

注(Note):数据后不同大小写字母分别表示差异达1%和5%显著水平 Values followed by different capital and small letters are significantly different at the 1% and 5% levels, respectively.

由表2可知,西瓜产量受氮肥、密度因素影响均达到显著水平(F=27.03和107.41),而其互作效应不显著(F=1.75)。产量表现出随施氮量和种植密度的增加而增加的变化趋势,施氮处理的平均西瓜产量极显著高于无氮处理,N100、N200、N300处理的平均产量较N0分别提高了20.25%、29.41%和25.24%,N200处理的较N100又显著提高了7.62%,而N300与N100处理间差异不显著。不同种植密度间的平均西瓜产量表现出高密度>中密度>低密度,且差异达到了极显著水平,D1处理较D2和D3分别提高了23.46%和45.58%。

表2 不同肥密处理的西瓜产量(kg/hm^2)

Table 1 The yields of watermelon under different density and nitrogen treatments

处理 Treatment	N0	N100	N200	N300	平均值 Average
D1	46034±3832	55183±1604	61754±1263	57356±2972	55082 aA
D2	36156±1441	45401±1616	48920±1659	47987±1287	44616 bB
D3	33655±1710	38715±1083	39236±1013	39738±1517	37836 cC
平均值 Average	38615 cC	46433 bB	49970 aA	48360 abAB	

注(Note):同列或同行数据后不同大小写字母分别表示差异达1%和5%显著水平 Values followed by different capital and small letters in the same column or row are significantly different at the 1% and 5% levels, respectively.

2.2　氮肥与密度互作对西瓜品质的影响

2.2.1 对西瓜含糖量及酸度的影响　含糖量和酸度是影响西瓜品质的重要指标之一，在西瓜所有品质指标中，含糖量和酸度与西瓜感官鉴定的相关系数最高[20]。由表3 可知，西瓜含糖量受氮肥、密度影响差异显著（F =6.40 和 4.83），糖分含量表现出随施氮量的增加先增加后降低的变化趋势，在 N100 时最高，显著高于无氮和高氮处理，较 N0 和 N300 分别提高了 2.68% 和 3.17%，N0 和 N300 处理间差异不显著；另外，西瓜平均含糖量随着种植密度的降低而增加，其中 D3 处理显著高于 D1 处理。西瓜有效酸度主要受氮肥影响显著（F =7.18），其变化趋势和含糖量相似，中氮处理（N100 和 N200）显著高于无氮（N0）和高氮（N300）处理。从表 3 不同密度下氮肥处理间西瓜的糖酸比来看，总体表现出也是在 N100 处理下最大，之后随着施氮量的增加而逐渐下降。经两因素方差分析表明，密度与氮肥的互作效应对西瓜含糖量和有效酸度影响均不显著（F =1.11 和 0.50）。

表 3　不同肥密处理对西瓜糖、酸度的影响

Table 3　Effects of different density and nitrogen treatments on sugar content and acidity of watermelon

处理 Treat	D1			D2			D3			糖均值 Aver. of sugar content (%)	酸均值 Aver. of acidity (pH)
	糖 Sugar (%)	酸 Acidity (pH)	糖/酸 S/A	糖 Sugar (%)	酸 Acidity (pH)	糖/酸 S/A	糖 Sugar (%)	酸 Acidity (pH)	糖/酸 S/A		
N0	10.18	5.17	1.15	10.58	5.21	1.20	10.61	5.23	1.21	10.46 bc	5.20 b
N100	10.69	5.31	1.23	10.71	5.35	1.24	10.83	5.32	1.25	10.74 a	5.33 a
N200	10.59	5.27	1.21	10.50	5.31	1.21	10.73	5.27	1.23	10.61 ab	5.28 a
N300	10.34	5.21	1.18	10.37	5.19	1.18	10.53	5.11	1.18	10.41 c	5.17 b
平均 Aver.	10.45 b			10.54 ab			10.68 a				

注（Note）：同列或同行数据后不同字母分别表示差异达 5% 显著水平 Values followed by different letters in the same column or row are significantly different at the 5% level.

2.2.2 对西瓜维生素 C 和硝酸盐含量的影响　由图 1可知，氮肥极显著地影响西瓜 Vc 含量，西瓜 Vc 含量随施氮量的增加呈先上升后下降的趋势，施氮量在 100 ～200 kg/hm^2 时西瓜 Vc 含量为 35.06 ～35.67 g/kg，极显著地高于 N0 和 N300 处理，N200 处理的西瓜 Vc 含量较 N0 和 N300 处理分别提高了 13.09% 和 8.42%，而密度、密度和氮肥的交互作用均不显著（F =0.76 和 1.07）。西瓜硝酸盐含量随

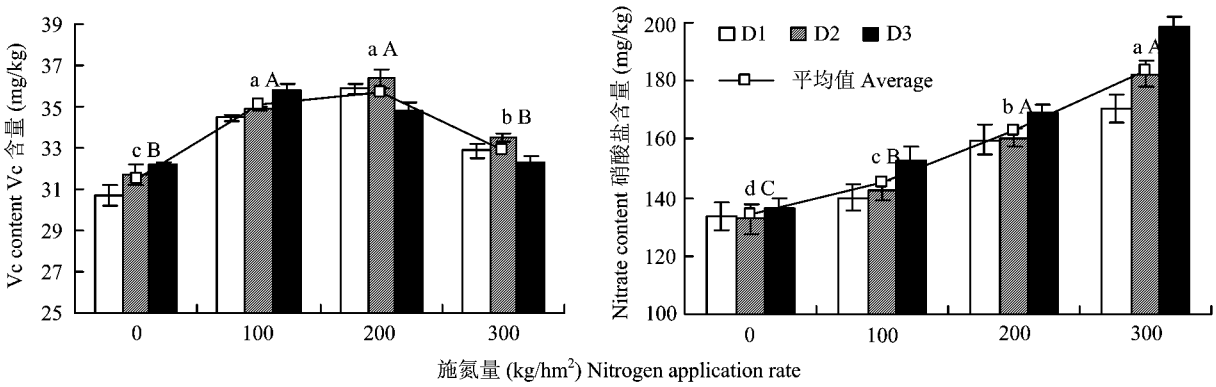

图 1　不同肥密处理对西瓜 Vc 和硝酸盐含量的影响

Fig.1　Effects of different density and nitrogen treatments on Vc content and nitrate content of watermelon

［注（Note）：方柱上不同大小写字母分别表示差异达 1% 和 5% 显著水平 Different capital and small letters above the bars indicate significantly different at the 1% and 5% levels, respectively.］

着施氮量的增加而提高，且差异达极显著水平，N100、N200 和 N300 处理的西瓜硝酸盐含量较 N0 分别极显著提高 8.11%、21.56% 和 36.98%，但密度、密度和氮肥的交互作用均不显著（F = 1.37 和 1.04）。

2.3 氮肥与密度互作对西瓜氮素积累及利用的影响

从不同密度、氮肥处理下砂田西瓜营养器官及果实中氮素的积累量（表 4）可以看出，西瓜蔓叶中氮积累量较少，果实较多，蔓叶氮积累量约占西瓜总吸氮量的 35%～39% 左右，而果实氮积累量约占西瓜总吸氮量的 61%～65% 左右。在不同种植密度下，施氮处理的西瓜地上部营养器官、果实中氮素积累量及氮素积累总量均显著高于无氮处理，且随着施氮量的增加而增加，当施氮量大于 200 kg/hm^2 时趋于稳定，甚至有下降趋势，氮素积累量最大值均出现在 D1N200 处理；在施氮量相同条件下，受作物生物量的影响，氮积累量总体表现出随种植密度的增加而增加。氮肥偏生产力和吸收利用率均随着施氮量的增加呈现逐渐降低的趋势，而随着种植密度的增大而增大，其在 D1N100 处理中达到最大，分别为 551.83 kg/kg 和 24.58%。由此可见，种植密度相同条件下，增施氮肥显著提高了单位面积植株中氮素积累量，但显著降低了氮肥偏生产力和氮肥吸收利用率指标，在 D1N100 和 D1N200 条件下，能够实现产量与氮素利用率的同步改善。

表 4 不同肥密处理对西瓜氮积累和利用率的影响

Table 4 Effects of different density and nitrogen treatments on nitrogen accumulation and utilization efficiency of watermelon

密度 Density	施氮量 N rate (kg/hm^2)	蔓叶氮积累量 L&VNAA (kg/hm^2)	果实氮积累量 FNAA (kg/hm^2)	氮积累总量 NAA (kg/hm^2)	氮肥偏生产力 NPFP (kg/kg)	氮肥吸收利用率 NRE (%)
D1	0	31.95 ±1.24 e	53.49 ±4.45 e	85.45 ±3.28 e		
	100	38.41 ±0.55 bc	71.62 ±2.08 bc	110.03 ±2.63 bc	551.83 ±20.06 a	24.58 ±2.63 a
	200	47.56 ±0.79 a	82.47 ±1.69 a	130.03 ±2.21 a	308.77 ±7.90 d	22.29 ±1.11 a
	300	43.03 ±2.95 ab	74.54 ±2.91 b	117.58 ±5.44 b	191.19 ±12.39 f	10.71 ±1.81 d
D2	0	29.41 ±1.46 ef	46.05 ±5.66 fg	75.46 ±5.56 f		
	100	38.17 ±0.62 bcd	60.45 ±1.08 d	98.63 ±0.72 d	454.02 ±10.10 b	23.17 ±0.71 a
	200	41.24 ±3.62 b	67.31 ±1.41 c	108.55 ±2.79 c	244.60 ±5.18 e	16.55 ±1.40 b
	300	43.88 ±3.81 ab	67.29 ±0.90 c	111.17 ±3.98 bc	159.96 ±2.68 g	11.9 ±1.33 cd
D3	0	24.79 ±0.42 f	40.25 ±2.05 g	65.04 ±2.28 g		
	100	29.36 ±2.91 ef	51.11 ±0.60 ef	80.47 ±3.17 ef	387.16 ±6.77 c	15.43 ±3.17 bc
	200	32.33 ±3.45 de	53.11 ±0.95 e	85.43 ±4.13 e	196.18 ±6.34 f	10.20 ±2.06 d
	300	33.85 ±2.74 cde	52.37 ±1.76 e	86.22 ±3.14 e	132.46 ±6.32 h	7.51 ±1.05 d

注（Note）：L&VNAA—leave and vine N accumulation amount; FNAA—Fruit N accumulation amount; NAA—N accumulation amount; NPFP—N partial factor productivity; NRE—N recovery efficiency. 同一列数据后不同字母表示差异达 5% 显著水平 Values followed by different letters in the same column are significant at the 5% level.

2.4 氮肥的西瓜产量、品质效应曲线

为了更好地分析氮密互作效应，获得施氮量和密度的最佳平衡点，根据表 2 和表 3 中的西瓜产量、含糖量结果，将不同种植密度下的西瓜产量、含糖量与施氮量的关系进行回归分析，分别建立了施氮量与产量和含糖量的数学关系（表 5）。发现施氮量与产量和含糖量效应均呈抛物线关系，经显著性检验以上方程与实际情况拟合较好，并且具有一定的代表性。通过对这些一元二次方程求导数以及采用当年当地西瓜平均销售价及氮肥的价格，分别求得了不同种植密度下西瓜的最高产量施氮量、最佳经济及品质施氮量以及对应的最高产量、最佳经济产量和最佳含糖量。不同密度间的西瓜最高产量及最佳经济产量差异较大，以 D1 密度处理的最高，其西瓜

最高产量及最佳经济产量分别为 60514 kg/hm^2 和 60511 kg/hm^2，且对应的最高产量施氮量和最佳经济产量施氮量为最低，分别为 210 kg/hm^2 和 206 kg/hm^2，而其最佳糖分含量对应的施氮量为 158 kg/hm^2，由表 3 可知，N100 与 N200 处理间西瓜糖分含量差异不显著，因此，D1N200 为适合砂田西瓜生产的较优处理。

表 5　不同种植密度下氮肥的西瓜产量、品质效应方程

Table 5　Effect equation of yield and quality with nitrogen under different planting densities

密度 Density	项目 Item	效应方程 Effect equation	最高产量施氮量 N rate at max. yield (kg/hm^2)	最高产量 Max. yield (kg/hm^2)	最佳经济施氮量 Optimum N appl. rate (kg/hm^2)	最佳产量 (kg/hm^2)或糖含量 (%) Optimum yield or sugar content
D1	产量 (kg/hm^2) Yield	$Y = -0.339N^2 + 142.14N + 45614.59$ $R^2 = 0.973$	210	60514	206	60511
	糖含量 (%) Sugar content	$S = -1.9E-5N^2 + 0.006N + 10.203$ $R^2 = 0.935$			158	10.68
D2	产量 (kg/hm^2) Yield	$Y = -0.254N^2 + 115.35N + 36219.73$ $R^2 = 0.999$	227	49316	223	49311
	糖含量 (%) Sugar content	$S = -6.5E-6N^2 + 0.001N + 10.601$ $R^2 = 0.855$			77	10.64
D3	产量 (kg/hm^2) Yield	$Y = -0.114N^2 + 52.965N + 33881.06$ $R^2 = 0.957$	232	40033	223	40023
	糖含量(%) Sugar content	$S = -1.05E-5N^2 + 0.003N + 10.621$ $R^2 = 0.954$			143	10.84

3　讨论与结论

种植密度要根据品种特性、立地环境条件和栽培管理条件而定，合理密植，可以充分利用光照、空间和地力，迅速提高叶面积指数，增加植株光合效率和光合产物的积累，提高作物的产量和效益。以往对西瓜密度试验研究较少，林燚等[2]通过对‘丽芳’西瓜的适宜密度研究表明，在同一生育期，西瓜功能叶叶绿素含量随种植密度增加而降低，种植密度越低叶片氮含量降幅越大，而磷钾反之，随着密度的增加西瓜雌花着生节位提高 0.2 ～ 0.7 节，单株坐瓜数减少 1.73 ～ 3.10 个，单株产量减少 29.1% ～ 55.4%，而由于单位面积坐瓜数增加，产量提高了 11.6%；耿玉华等[3]对西瓜新品种‘抗病 948’的肥密互作效应研究表明，在适宜栽培密度下，西瓜坐果性好，抗病性强，产量高，但对西瓜品质影响不大。本试验通过对旱砂田全膜覆盖下的中晚熟西瓜品种肥密效应的研究表明，西瓜单株指标如单瓜重、含糖量随种植密度的降低而增加，D3 处理的西瓜平均单瓜重较 D2 和 D1 分别提高了 8.04% 和 20.34%，含糖量分别提高了 2.20% 和 1.33%；而群体的如产量、氮肥利用率等指标，主要受单位面积植株数量的影响，则随密度增大而升高，D1 处理平均产量较 D2 和 D3 分别提高了 23.46% 和 45.58%，氮肥利用率分别提高了 11.51% 和 73.66%。

氮缺乏或过量会导致叶绿素含量、酶含量和活性下降，进一步导致作物叶面积降低和光合同化产物的减少及加速生殖生长进程，降低产量和品质[21]。李冬梅等[22]研究表明，增加氮素的用量和配比，黄瓜蔗糖合成酶、蔗糖磷酸合成酶活性先升后降；鲁运江[5]通过不同施氮量对西瓜产量、品质的影响研究表明，施氮区的西瓜产量均优于无氮区，在 135 ～ 180 kg/hm^2 的施氮范围内，西瓜产量、含糖量及维生素 C 含量随施氮量的递增而提高，再增加施氮量，则呈下降趋势；陈钢等[8]也研究表明，西瓜施氮量在 0 ～ 240 kg/hm^2 范围内，单瓜重、产量随着

氮肥用量的上升而增加,继续增加氮肥用量,西瓜产量开始呈下降趋势 ,施氮有利于提高西瓜含糖量、维生素 C 含量,但硝酸盐含量也随着增加; 朱洪勋等[23]研究表明,西瓜产量与施氮量呈抛物线关系,施氮量在 0 ～240 kg/hm^2 范围内时,西瓜产量随施氮量的增加而提高,当施氮量超过 240 kg/hm^2 时则会造成减产,西瓜施氮量与可溶性糖和 Vc 含量呈负相关,与酸度呈正相关。本研究也表明,西瓜单瓜重、产量、含糖量及 Vc 含量等指标均与施氮量呈抛物线关系,当施氮量在 0 ～200 kg/hm^2 时,均随施氮量的增加而提高,在 200 kg/hm^2 时达到最高,之后随施氮量的增加而呈下降趋势,这与前人研究结果基本一致。已有研究表明,在一定阈值范围内,植株氮素吸收总量与施氮量呈正相关[24-25],本试验中,西瓜地上部营养器官、果实及总氮素积累量均随施氮量的增加而提高,而氮素偏生产力和吸收利用率却显著降低,不利于氮素的有效利用,但由于适宜的密度处理显著提高了氮素利用率,使得氮密二者的互作效应表现为协同作用,使 D1N200 处理保持了较高的氮素利用率水平。

耿玉华等[3]研究表明,肥密对西瓜增产的互作效应显著。而本试验条件下施氮量和种植密度虽对西瓜产量、品质的调控作用十分显著,但氮密效应不具交互作用,这可能与西瓜的品种特性、生长环境及栽培管理条件有关。本研究结果表明,密度和氮肥处理均对西瓜产量产生显著影响,但密度处理的增产幅度大于氮肥处理,而密度对西瓜品质的调控效应却不如氮肥处理显著,因此“以苗保产、以肥提质”是西瓜高产优质的有效途径之一。综合考虑密度、氮肥互作对西瓜产量、品质及氮肥利用率等因素的影响,在旱砂田西瓜全膜覆盖栽培模式下,密度为 16680 株/hm^2 和施氮量为 200 kg/hm^2 较为适宜。

参考文献:

[1] 王坚. 中国西瓜甜瓜[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000. 116-117.
Wang J. Chinese watermelon and muskmelon[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2000. 116-117.

[2] 林燚, 杨瑜斌, 江灵辉, 等. 种植密度对丽芳西瓜营养代谢、生育及产量的影响[J]. 浙江农业科学, 2008, (2): 156-158.
Lin Y, Yang Y B, Jiang L H *et al*. Effect of plant density on nutrition metabolism, growth and yield of Li Fang watermelon[J]. J. Zhejiang Agric. Sci., 2008, (2): 156-158.

[3] 耿玉华, 赵纪连, 陈先南, 等. 西瓜新品种“抗病948”不同密度与施肥量互作效应的研究[J]. 生物技术通报, 2006, 11(3): 334-336.
Geng Y H, Zhao J L, Chen X N *et al*. Analysis of interaction effect on the different density and fertilizer levels in watermelon “Kang bing 948”[J]. Biotechnol. Bull., 2006, 11(3): 334-336.

[4] 唐粉玲, 张如莲. 西瓜施肥研究进展[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(26): 8195-8196.
Tang F L, Zhang R L. Research advance of watermelon fertilization[J]. J. Anhui Agric. Sci., 2007, 35(26): 8195-8196.

[5] 鲁运江. 氮肥不同用量对西瓜产量和品质的影响[J]. 土壤肥料, 1997, (4): 48-51.
Lu Y J. Effect of different nitrogen fertilizer dosage on yield and quality of watermelon[J]. Soils Fert., 1997, (4): 48-51.

[6] 陈钢, 王宏太, 丁萌, 等. 西瓜矿质营养与施肥研究综述[J]. 长江蔬菜, 2006, (3): 37-39.
Chen G, Wang H T, Ding M *et al*. Study on nutrition and fertilize of watermelon[J]. J. Changjiang Veget., 2006, (3): 37-39.

[7] 俞正旺. 西瓜营养与施肥[J]. 北方园艺, 1994, (4): 21.
Yu Z W. Nutrition and fertilize of watermelon[J]. Northern Hortic., 1994, (4): 21.

[8] 陈钢, 宋桥生, 吴礼树, 等. 不同供氮水平对西瓜产量和品质的影响[J]. 华中农业大学学报, 2007, 26(4): 472-475.
Chen G, Song Q S, Wu L S *et al*. Effect of different nitrogen levels on yield and quality of watermelon[J]. J. Huazhong Agric. Univ., 2007, 26(4): 472-475.

[9] 吕忠恕, 陈邦瑜. 甘肃砂田的研究[J]. 农业学报, 1955, 6(3): 299-311.
Lu Z S, Chen B Y. Studies on the sand mulch system of soil management in Gansu[J]. J. Agric. Sci., 1955, 6(3): 299-311.

[10] 胡恒觉. 我国砂田免耕法//胡恒觉. 耕作制度论文集[C]. 北京: 农业出版社, 1981. 206-217.
Hu H J. The method of non-tillage sandy field in China. The symposium on farming system[C]. Beijing: Agriculture Press, 1981. 206-217.

[11] 辛秀先. 论甘肃砂田的形成及其起源[J]. 甘肃农业科技, 1993, (5): 5-7.
Xin X X. On the invention and origination of Shatian in Gansu[J]. Gansu Agric. Sci. Technol., 1993, (5): 5-7.

[12] Modaihsh A S, Horton R, Kirkham D. Soil water evaporation suppression by sand mulches[J]. Soil Sci., 1985, 139: 357-361.

[13] William J, Gale R W, McColl. Sandy fields traditional farming for water conservation in China[J]. J. Soil Water Conserv., 1993, 48: 474-477.

[14] 刘谦和, 李志强. 砂田土壤的水蒸发特征和温度变化[J]. 甘肃农业科技, 1993, (8): 26-28.
Liu Q H, Li Z Q. Feature of soil water evaporation and temperature dynamics of gravel mulched soil[J]. Gansu Agric. Sci. Technol., 1993, (8): 26-28.

[15] 许强, 强力, 吴宏亮, 等. 砂田水热及减尘效应研究[J]. 宁

夏大学学报(自然科学版)，2009，30(2)：180-182.
Xu Q，Qiang L，Wu H L *et al*. Study on sandy-field ecosystem effection[J]. J. Ningxia Univ.（Nat. Sci. Ed.），2009，30(2)：180-182.

[16] Nachtergate J，Poesen J W，Van Wesemael B. Gravel mulching in vineyards of southern Switzerland[J]. Soil Till. Res.，1998，46：51-59.

[17] 陈年来，刘东顺，王晓巍，等. 甘肃砂田的研究与发展[J]. 中国瓜菜，2008，(2)：29-31.
Chen N L，Liu D S，Wang X W *et al*. Research and development of gravel mulch production in Gansu province [J]. China Cucurb. Veget.，2008，(2)：29-31.

[18] 郝建军. 植物生理学实验技术[M]. 沈阳：辽宁科学技术出版社，2001. 89-92.
Hao J J. Experimental technique in plant physiology [M]. Shenyang：Liaoning Science and Technology Press，2001. 89-92.

[19] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京：中国农业出版社，2000. 132-148.
Bao S D. Soil and agricultural chemistry analysis[M]. Beijing：China Agriculture Press. 2000. 132-148.

[20] 张帆，宫国义，王倩，等. 西瓜品质构成分析[J]. 果树学报，2006，23(2)：266-269.
Zhang F，Gong G Y，Wang Q *et al*. Analysis of watermelon quality structure[J]. J. Fruit Sci.，2006，23(2)：266-269.

[21] 王月福，于振文，李尚霞，等. 氮素营养水平对冬小麦氮代谢关键酶活性变化和籽粒蛋白质含量的影响[J]. 作物学报，2002，28(6)：743-748.
Wang Y F，Yu Z W，Li S X *et al*. Effect of nitrogen nutrition on the change of key enzyme activity during the nitrogen metabolism and kernel protein content in winter wheat[J]. Acta Agron. Sin.，2002，28(6)：743-748.

[22] 李冬梅，魏珉，张海森，等. 氮、磷、钾用量和配比对温室黄瓜叶片相关代谢酶活性的影响[J]. 植物营养与肥料学报，2006，12(3)：282-287.
Li D M，Wei M，Zhang H S *et al*. Effects of N P K rates and ratios on activities of metabolism enzymes in leaves of cucumber in greenhouse[J]. Plant Nutr. Fert. Sci.，2006，12(3)：282-287.

[23] 朱洪勋，张翔，沈阿林，等. 西瓜需肥特点与平衡施肥研究[J]. 园艺学报，1996，23(2)：145-149.
Zhu H X，Zhang X，Shen E L *et al*. Study on fertilize trait and balanced fertilization of watermelon [J]. Acta Hortic. Sin.，1996，23(2)：145-149.

[24] 陆成彬，张伯桥，高德荣，等. 施氮量与追肥时期对弱筋小麦扬麦9号产量和品质的影响[J]. 扬州大学学报，2006，27(3)：62-64.
Lu C B，Zhang B Q，Gao D R *et al*. Effect of nitrogen application rate and topdressing stage on grain yield and quality of weak gluten wheat[J]. J. Yangzhou Univ.，2006，27(3)：62-64.

[25] Loveras J，Lopez A，Ferran J *et al*. Bread-making wheat and soil nitrate as affected by nitrogen fertilization in irrigated Mediterranean conditions [J]. Agron. J.，2001，93：1183-1190.