

北疆氮肥运筹对花生生长发育、产量及品质的影响

刘 跃¹ 贾永红² 于月华¹ 张金汕¹ 王润琪¹ 李丹丹¹ 石书兵¹

(¹新疆农业大学农学院, 830052, 新疆乌鲁木齐; ²新疆农业科学院奇台麦类试验站, 831800, 新疆奇台)

摘 要 为明确生产上适宜的花生氮肥运筹模式, 以花育 25 为供试品种, 设 4 个施氮量 (N1: 90 kg/hm², N2: 135 kg/hm², N3: 180 kg/hm², N4: 225 kg/hm²) 和 3 种施氮方式 (T1: 1/2 基肥+1/2 幼苗肥, T2: 1/2 基肥+1/4 幼苗肥+1/4 花针肥, T3: 1/2 基肥+1/6 幼苗肥+1/6 花针肥+1/6 结荚肥), 以不施氮肥为对照 (CK), 分析不同处理对花生生长发育、产量及品质的影响。结果表明, 在施氮量 90~225 kg/hm² 范围内增施氮肥, 花生主茎高、第一对侧枝长和分枝数均呈增加趋势, 以 N4 处理最高; 干物质积累量及产量呈先增大后降低的趋势, 以 N3 处理最高; 蛋白质、脂肪及油酸含量以 N3 处理最高。施氮量相同时, 干物质积累量及产量以 T3 处理最高, 蛋白质、脂肪、油酸含量以 T2 处理最高。N3T3 处理干物质积累量、产量高于其他处理, 且品质较优。从提高产量及品质方面综合考虑, 施氮量 180 kg/hm²、基施氮肥 90 kg/hm² 并于幼苗期、花针期、结荚期分别追施氮肥 30 kg/hm² 可作为实现北疆地区花生高产优质的最佳氮肥运筹模式。

关键词 花生; 氮肥用量; 施氮方式; 产量; 品质

花生作为重要的油料作物之一, 2021 年全国种植面积达到 480.5 万 hm²[1]。新疆种植花生发展势头强劲, 面积迅速扩大, 从 2021 年的 2360 hm² 猛增到 2022 年的 9070 hm²[2]。种植密度、施肥和化控等栽培措施均会影响花生产量[3]。施肥能促进作物生长发育、提高干物质积累量, 继而实现优质高产的目标。氮素作为花生生长所需的大量元素之一, 与其产量和品质紧密相关。由于花生地下结果的特性, 且以地膜覆盖的栽培手段, 在生产上大多采取只施基肥不追肥的施肥方式, 导致生长前期氮肥过剩, 后期供氮不足, 影响产量和品质的提高[4]。此外, 还会降低肥料利用率, 同时造成环境污染[5]。因此, 研究适宜的氮肥施用量以及合理的施肥时期是花生干物质积累及产量形成的关键[6], 对促进花生高产优质具有重要意义[7-8]。

氮肥显著影响了花生植株的生长发育及产量形成, 适宜的施氮量可使花生增产提质, 但过低会造成植株矮小和营养不良而减产, 过量施氮会使植株旺长贪青, 不利于提高产量[9]。郑永美等[10]研究表明, 合理施氮可有效调控花生根系和根瘤性状, 协调促进根系生长和植株生长发育。当施氮量为 120 kg/hm² 时, 有利于植株生长, 提高干物

质积累量, 增加单株果数和百果重, 进而提高荚果产量[11]。花生在各生育时期需氮量不同, 通常苗期需氮量较少, 而开花期和结荚期需氮量急剧增加[12]。在一定的施氮量条件下, 追肥可以增加花生的主茎高和侧枝长, 有利于产量的提高[13]。还有研究[14]表明, 合理的追肥时期和次数能有效提高花生干物质和产量。目前, 国内外学者围绕施氮方式已经开展了大量研究, 但集中在水稻[15]、玉米[16]、小麦[17]和棉花[18]等作物, 关于本身可以固氮的花生在氮肥用量和氮肥后移互作研究较少。因此, 为实现花生产量及品质提升, 本试验通过研究不同施氮量条件下, 氮肥分期后移对农艺性状、干物质积累、产量及品质的影响, 探讨提高油酸和蛋白质含量的施氮方式, 明确花生生产上合适的氮肥使用量和施氮方式, 旨在为北疆花生优质栽培以及优化氮肥施入提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于 2022 年 5 月在新疆农业科学院奇台麦类试验站进行。奇台县属中温带大陆性气候, 无霜期 153 d 左右。试验地土壤质地为沙壤土, 0~20 cm

作者简介: 刘跃, 主要从事花生高产栽培研究, E-mail: 17690762301@163.com

石书兵为通信作者, 主要从事作物高产栽培研究, E-mail: ssb@xjau.edu.cn

基金项目: 新疆专用优质花生栽培关键技术集成与示范推广 (NTFW-2022-17); 新疆农业大学研究生科研创新项目 (XJAU GR12023008)

收稿日期: 2023-04-30; 修回日期: 2023-09-25; 网络出版日期: 2023-10-17

土壤含有机质 23.22 g/kg、碱解氮 91.34 mg/kg、速效磷 10.1 mg/kg、速效钾 235.7 mg/kg，pH 8.25。试验采用裂区试验设计，主区施氮量设 4 个水平，分别为 90 (N1)、135 (N2)、180 (N3)、225 kg/hm² (N4)；副区为施氮方式，分别为 1/2 基肥+1/2 幼苗肥 (T1)、1/2 基肥+1/4 幼苗肥+1/4 花针肥 (T2)、1/2 基肥+1/6 幼苗肥+1/6 花针肥+1/6 结荚肥 (T3)。以不施氮为空白对照 (CK)，具体施用时期及各时期施用量见表 1。供试肥料为尿素 (含 N 46%)，分别于 2022 年 6 月 10 日 (幼苗期)、6 月 30 日 (花针期)、7 月 15 日 (结荚期) 以随水滴施方式进行追肥。供试品种为花育 25 号，由山东省花生研究所提供，小区面积 10 m² (2 m×5 m)，重复 3 次，共计 39 个小区。采用平地覆膜种植方式，膜宽 0.7 m，一膜 2 行，膜上行距 40 cm，穴距 16 cm，播深 3~4 cm，一穴 2 粒，播种密度为 16 万穴/hm²。5 月 9 日播种，9 月 19 日收获。各小区基施过磷酸钙 450 kg/hm² 和硫酸

钾 160 kg/hm²。生育期间气象要素如表 2 所示。采用滴灌方式灌溉，全生育期灌水 6 次，共计灌溉 3000 m³/hm²。

表 1 氮肥施用时期及施用量					
Table 1 The stage and dosage of nitrogen fertilizer application kg/hm ²					
处理 Treatment		追肥 Topdressing			
施氮量 Nitrogen dosage	施氮方式 Nitrogen application method	基肥 Base fertilizer	幼苗期 Seedling stage	花针期 Flowering needle stage	结荚期 Pod setting stage
N1	T1	45.0	45.0	0.0	0.0
	T2	45.0	22.5	22.5	0.0
	T3	45.0	15.0	15.0	15.0
N2	T1	67.5	67.5	0.0	0.0
	T2	67.5	33.8	33.8	0.0
	T3	67.5	22.5	22.5	22.5
N3	T1	90.0	90.0	0.0	0.0
	T2	90.0	45.0	45.0	0.0
	T3	90.0	30.0	30.0	30.0
N4	T1	112.5	112.5	0.0	0.0
	T2	112.5	56.3	56.3	0.0
	T3	112.5	37.5	37.5	37.5

表 2 2022 年花生生育期间气象要素					
Table 2 The meteorological elements during the growing period of peanut in 2022					
月份 Month	日照时数 Sunshine hours (h)	平均气温 Mean temperature (°C)	最低气温 Minimum temperature (°C)	最高气温 Maximum temperature (°C)	降水量 Precipitation (mm)
5	304.0	21.3	7.3	35.2	4.3
6	305.7	23.8	7.8	39.5	15.1
7	303.0	24.3	11.4	36.4	11.4
8	304.4	22.5	6.8	38.2	9.2
9	276.8	18.8	3.0	37.0	17.3

数据来源: <http://hz.hjhj-e.com/home/>。
Data source: <http://hz.hjhj-e.com/home/>。

1.2 测定项目与方法

- 1.2.1 农艺性状 于花生出苗后 15 d 开始，每隔 15 d 在各小区选取具有代表性的 5 株植株，测量主茎高、第一对侧枝长和分枝数。
- 1.2.2 单株干物质量 分别于花生出苗后 15 d 开始，每隔 15 d 在各小区选取具有代表性的 5 株植株，洗净后装入网袋中，置于烘箱先 105 °C 杀青 30 min 后 85 °C 烘至恒重，冷却后用天平准确称重并记录。
- 1.2.3 产量 于收获前在各处理取 10 株植株，调查其单株荚果数、饱果数、百果重和百仁重。收获时，每个小区除两边行，同时去掉每行两边 0.4 m 植株，取中间 3 行 3 m 植株，风干后测产。
- 1.2.4 品质 籽粒风干后，各处理随机选取完好无损的 10 粒花生进行成分分析，采用凯式定氮法测定

蛋白质含量，采用索氏抽提法测定脂肪含量，采用气相色谱法测定油酸和亚油酸含量，并计算油酸/亚油酸 (O/L)。

1.3 数据处理

采用 Excel 2019 和 DPS 软件进行数据统计分析，采用 Duncan 法进行显著性分析，使用软件 Origin 2021 作图。

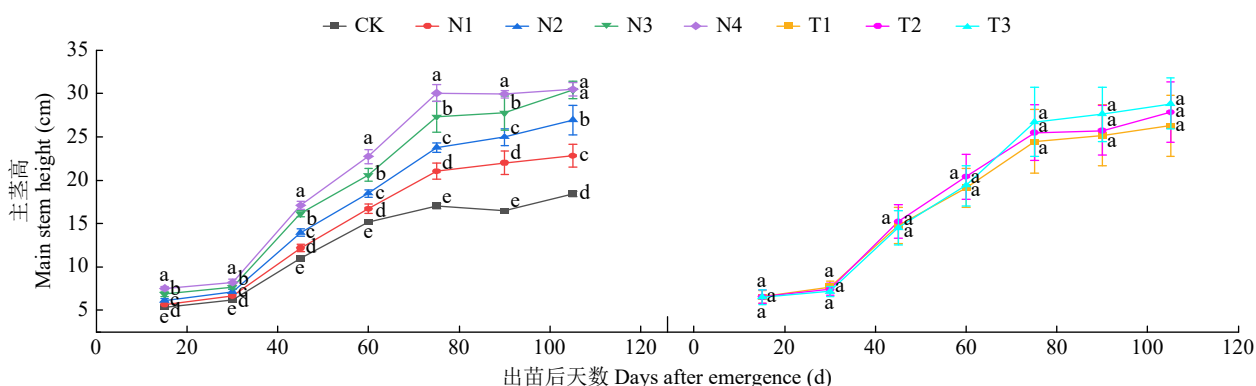
2 结果与分析

2.1 氮肥运筹对花生农艺性状的影响

2.1.1 主茎高 由图 1 可知，各处理主茎高随生育进程的推进呈缓慢上升—迅速上升—缓慢上升的变化趋势，其中施氮显著提高了花生主茎高，各时期的主茎高随着施氮量的增加均呈现出先迅速增

高后增长缓慢并逐渐稳定的趋势,与 CK 相比,N1、N2、N3、N4 处理的主茎高分别平均增加了 19.5%、35.6%、52.8%、63.1%,表现为 $N4 > N3 > N2 > N1 > CK$,且大部分差异达显著水平,说明施用氮肥促进花生主茎高的生长。在同一施氮量水平下,不同处理下花生主茎高生长趋势均为前期生长迅速,

后期生长缓慢,不同追肥方式均可促进主茎生长。由于追肥时期不同各处理间主茎高存在明显差异,在幼苗期追肥后,主茎高表现为 $T1 > T2 > T3$,花针期追肥后,T2 处理达到最高,结荚期追肥后,苗后 75 d 开始主茎高表现为 $T3 > T2 > T1$ 。到成熟期 T3 处理追肥效果最明显。



不同小写字母表示处理间在 0.05 水平差异显著,下同。
Different lowercase letters mean significant difference at the 0.05 level, the same below.

图 1 氮肥运筹对主茎高的影响

Fig.1 Effects of nitrogen fertilizer managements on main stem height

2.1.2 第一对侧枝长 如图 2 所示,各处理间第一对侧枝长随生育进程的推进均呈现出先迅速增加后逐渐稳定的趋势,随着施氮量的增加,N1、N2、N3、N4 处理的第一对侧枝长较 CK 处理分别平均增加了 16.5%、31.8%、47.8%、56.2%,各处理间差异性达显著水平 ($P < 0.05$),表现为 $N3 > N4 >$

$N2 > N1 > CK$ 。在同一施氮量水平下,不同追肥处理均可不同程度地增加第一对侧枝长,随追肥时间的推迟,第一对侧枝长增大,在生育后期花生的第一对侧枝以 T3 处理最长,达到 28.5 cm,各处理表现为 $T3 > T2 > T1$,T3 较 T2 和 T1 处理分别显著增加了 4.9%、9.4%。总体上看,在 N3 施氮量条件

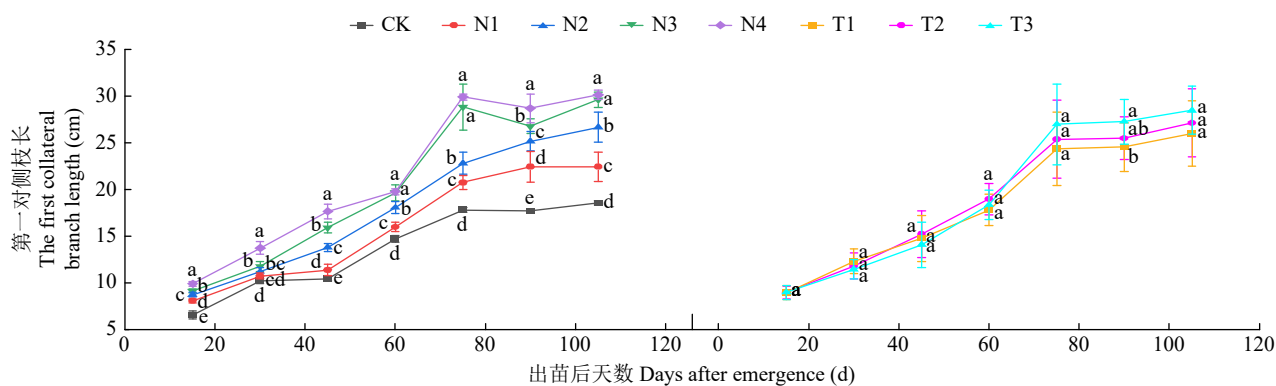


图 2 氮肥运筹对第一对侧枝长的影响

Fig.2 Effects of nitrogen fertilizer managements on the first collateral branch length

下,氮肥分期后移有利于提高第一对侧枝长。

2.1.3 分枝数 由图 3 可知,各处理的花生分枝数随生育进程的推进呈逐渐递增趋势,其中在出苗 15 d(苗期)至 60 d 均随着施氮量的增大而增多,在 60 d(结荚期)后逐渐趋于稳定,其中在 N3 水平下分枝数最多,各氮水平下花生分枝数均明显多

于 CK,部分处理差异达显著水平,N1、N2、N3、N4 处理的主茎高较 CK 分别平均增加了 8.6%、10.5%、15.9%、15.9%,出苗至 75 d(结荚期)期间表现为 $N4 > N3 > N2 > N1 > CK$,75 d 后表现为 $N3 > N4 > N2 > N1 > CK$ 。在同一施氮水平下,随生育期推进各追肥处理,分枝数均表现为逐渐增加

的趋势，追肥可增加花生分枝数，在花期之后 T2 处理相较于其他处理分枝数更多，但未达显著水平 ($P<0.05$)，表现为 $T2>T3>T1$ 。花生全生育期

T2 处理分别较 T3、T1 处理平均显著增加了 5.5%、2.6%。因此 T2 处理追肥效果更明显。说明仅幼苗期追肥或过晚追肥均不利于花生分枝数的增加。

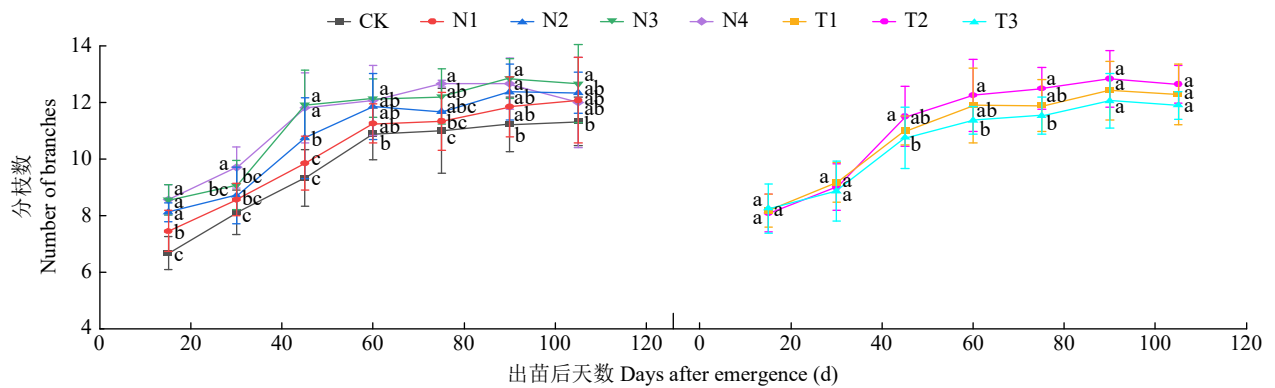


图3 氮肥运筹对分枝数的影响
Fig.3 Effects of nitrogen fertilizer managements on the number of branches

2.2 氮肥运筹对花生单株干物质质量的影响

由表 3 可知，花生生育前期的干物质质量显著增加，生育后期干物质质量逐渐降低。与 CK 相比，出苗至 75 d 期间花生单株干物质质量随着施氮量增加而增大，在 N4 水平下达到最高，为 82.4 g，75 d 后随着施氮量增加而降低，在 105 d 时 N3 水平下达到最高，为 71.4 g。且各氮水平下的平均单株干物质质量均显著高于 CK，N1、N2、N3、N4 处理在

苗后 105 d 时平均分别提高了 29.8%、39.9%、49.8%、47.6%。随氮肥施用时间的后移，植株干物质质量在不同施氮方式处理下表现不同，出苗 30 d 时 $T1>T2>T3$ ，T1 较 T2、T3 增加了 6.4%、10.0%，出苗 45 d 表现为 $T2>T1>T3$ ，T2 较 T1、T3 增加了 2.6%、3.8%，出苗 75 d 至成熟表现为 $T3>T2>T1$ ，T3 较 T2、T1 增加了 1.4%、3.9%。从整个生育期来看，成熟期干物质积累量表现为随追

表 3 氮肥运筹对花生单株干物质的影响
Table 3 Effects of nitrogen fertilizer managements on dry matter per plant of peanut g

施氮量 Nitrogen amount	施氮方式 Nitrogen application method	出苗后天数 Days after emergence						
		15 d	30 d	45 d	60 d	75 d	90 d	105 d
N1	T1	5.0±0.3a	14.5±0.3a	28.2±1.1b	46.3±0.6b	63.3±1.5b	62.4±0.6c	60.2±0.8c
	T2	5.0±0.6a	13.5±0.5b	29.0±0.7a	47.8±0.9a	65.6±0.1a	64.4±0.1b	62.2±0.1b
	T3	5.2±0.4a	12.7±0.3c	27.7±0.6c	46.8±0.2ab	66.5±0.5a	65.9±0.3a	63.1±0.0a
	平均值 Average	5.1±0.4c	13.6±0.9d	28.3±0.9c	46.9±0.9c	65.1±1.6c	64.3±1.5c	61.9±1.3d
N2	T1	5.4±0.6a	16.4±0.6a	30.3±0.2ab	50.9±0.5c	73.6±0.8b	69.1±0.7c	65.7±1.0b
	T2	5.3±0.6a	15.8±0.7ab	30.7±0.4a	52.7±0.4a	74.9±0.6ab	70.4±0.6b	66.7±0.9ab
	T3	5.3±0.4a	15.4±0.3b	29.8±0.5b	51.7±0.4b	75.8±0.3a	72.4±0.5a	67.6±0.2a
	平均值 Average	5.4±0.4bc	15.9±0.6c	30.3±0.5b	51.8±0.8b	74.8±1.1b	70.7±1.5b	66.7±1.1c
N3	T1	5.8±0.3a	18.7±0.5a	32.7±0.2b	54.4±0.4c	80.7±0.6b	77.5±0.3b	69.9±1.0c
	T2	5.6±0.7a	17.5±0.3b	33.6±0.3a	56.9±0.3a	82.6±0.9a	79.8±0.5a	71.5±0.0b
	T3	5.9±0.5a	16.9±0.7b	32.5±0.3b	55.8±0.4b	83.6±1.1a	80.4±0.7a	72.8±0.7a
	平均值 Average	5.8±0.5ab	17.7±0.9b	32.9±0.6a	55.7±1.1a	82.3±1.5a	79.2±1.4a	71.4±1.4a
N4	T1	6.3±0.1a	19.4±0.3a	33.0±0.3b	54.9±0.1b	80.9±0.1b	77.3±1.0b	68.9±1.1b
	T2	6.1±0.2a	18.0±0.5b	34.1±0.5a	56.4±0.6a	82.7±0.7a	79.1±0.6a	71.0±1.2a
	T3	6.1±0.4a	17.8±0.4b	32.8±0.4b	55.9±0.6a	83.7±0.5a	79.8±1.1a	71.0±0.4a
	平均值 Average	6.2±0.2a	18.4±0.9a	33.3±0.7a	55.7±0.8a	82.4±1.3a	78.7±1.3a	70.3±1.3b
CK		4.5±0.0d	11.1±0.4e	21.5±0.1d	40.0±0.9d	50.9±0.8d	51.1±0.9d	47.7±0.7e

同列数据后不同小写字母表示处理间在 0.05 水平存在显著差异，下同。
Different lowercase letters following data in the same column indicate significant difference among treatments at the 0.05 level, the same below.

肥量的增加呈先提高后降低的趋势，说明在 N3 施氮量条件下，分别于幼苗期、花针期、结荚期追施氮肥有利于花生的干物质积累。

2.3 氮肥运筹对花生产量及其构成因素的影响

由表 4 可知，随着施氮量的增加，花生产量呈现出先增加后降低的趋势，与 CK 相比，N1、N2、

N3 和 N4 处理平均分别增加 13.7%、17.3%、23.0%、21.5%，不同处理间产量表现为 N3>N4>N2>N1>CK，且差异达到显著水平。在相同施氮量下，随着氮肥施用时间的后移，产量呈现逐渐增大的趋势，表现为 T3>T2>T1。这说明在施氮量相同的条件下，氮肥分次后移可以显著提高花生产量。

表 4 施氮运筹对花生产量及其构成因素的影响
Table 4 Effects of nitrogen fertilizer managements on peanut yield and its composition factors

施氮量 Nitrogen amount	施氮方式 Nitrogen application method	单株荚果数 Number of pods per plant	饱果率 Full fruit ratio (%)	百果重 100-pod weight (g)	百仁重 100-seed weight (g)	产量 Yield (kg/hm ²)
N1	T1	22.7b	69.2a	203.7a	83.4c	4378.7b
	T2	24.3a	69.9a	204.1a	84.4b	4387.9b
	T3	23.0b	71.0a	204.2a	85.0a	4430.4a
	平均值 Average	23.3d	70.0a	204.0c	84.3c	4398.9d
N2	T1	24.7b	67.6a	204.4b	85.1b	4493.7b
	T2	25.7a	71.5a	205.2ab	85.3ab	4508.8b
	T3	25.0ab	70.7a	205.9a	85.9a	4608.4a
	平均值 Average	25.1c	69.9a	205.2b	85.4b	4537.0c
N3	T1	27.0b	69.2a	205.6b	86.1b	4711.9b
	T2	28.7a	68.6a	206.8a	86.4b	4770.9a
	T3	27.7ab	68.7a	207.4a	87.2a	4788.1a
	平均值 Average	27.8a	68.8a	206.6a	86.6a	4757.0a
N4	T1	26.0b	68.0a	206.1a	85.0b	4673.0a
	T2	27.3a	70.8a	206.2a	85.3b	4705.6a
	T3	26.3ab	68.4a	207.0a	86.0a	4713.4a
	平均值 Average	26.6b	69.0a	206.4a	85.4b	4697.3b
CK		15.3e	67.5a	183.5d	74.9d	3867.7e

产量构成因素上，不同氮肥运筹方式对花生单株果数、百果重以及百仁重均有显著影响，而饱果率在各处理间差异不显著。随着施氮量的增大，单株荚果数、百果重及百仁重呈现先增大后降低的趋势，均表现为 N3>N4>N2>N1>CK。在同一施氮量下，随着氮肥施用时间的后移，单株荚果数表现为 T2>T3>T1，百果重和百仁重均表现为 T3>T2>T1。说明 N3 施氮量条件下，在花生的生育前中期追肥利于单株荚果数的增多，而在幼苗期+花针期+结荚期（T3）追施氮肥更有利于提高花生百果重及百仁重的增大，从而提高产量。

2.4 氮肥运筹对花生籽粒品质的影响

由表 5 可知，整体上施氮量显著提高了花生籽粒的蛋白质、脂肪、油酸含量以及油亚比，降低亚油酸含量，但大部分处理间籽粒的水分含量差异不显著。与 CK 相比，4 个施氮量处理下蛋白质平均含量的增幅分别为 11.6%、28.9%、41.1%、41.1%；

脂肪平均含量的增幅分别为 21.4%、29.8%、36.6%、20.3%；油酸平均含量的增幅分别为 10.5%、17.6%、18.5%、10.5%；亚油酸平均含量分别降低了 2.2%、11.8%、14.8%、5.5%，油亚比分别提高 12.9%、33.0%、38.7%、18.3%。在同一施氮量下，随着氮肥施用时间的后移，各追肥处理（T1、T2、T3）显著影响花生籽粒蛋白质、脂肪、油酸以及亚油酸含量，且大部分差异达到显著水平，其中蛋白质、脂肪以及油酸含量表现为 T2>T3>T1，但氮肥使用时间的后移对油亚比的影响较小。

3 讨论

氮肥作为作物生长发育中必需的主要营养元素之一，适宜的施氮量及施用时间对于提产增质有重要作用^[19-20]。土壤酸碱性是影响土壤养分有效性的重要因素，北疆地区多为盐碱地，pH 偏高，导致土壤微生物的活动受到抑制，从而影响氮素及其

表 5 氮肥运筹对花生品质的影响
Table 5 Effects of nitrogen fertilizer managements on peanut quality

施氮量 Nitrogen amount	施氮方式 Nitrogen application method	水分 Moisture (%)	蛋白质 Protein (%)	脂肪 Fat (%)	油酸 Oleic acid (%)	亚油酸 Linoleic acid (%)	油酸/亚油酸 O/L
N1	T1	4.8b	21.1c	46.5c	41.8b	29.1b	1.4b
	T2	5.2a	21.6a	47.0a	43.7a	30.0a	1.5b
	T3	4.5c	21.4b	46.6b	42.1b	28.1c	1.5a
	平均值 Average	4.8ab	21.4d	46.7c	42.5b	29.1ab	1.5d
N2	T1	4.9ab	24.6c	49.9c	42.5b	25.8a	1.7b
	T2	4.9a	24.8a	50.0a	46.7a	26.6a	1.8a
	T3	4.8b	24.7b	49.9b	46.6a	26.3a	1.8a
	平均值 Average	4.9a	24.7c	49.9b	45.2a	26.2c	1.7b
N3	T1	4.7a	27.0b	52.4c	43.1b	24.0b	1.8a
	T2	4.7a	27.1a	52.7a	47.0a	26.2a	1.8a
	T3	4.5b	27.1a	52.5b	46.7a	25.9a	1.8a
	平均值 Average	4.6c	27.0a	52.5a	45.6a	25.4c	1.8a
N4	T1	4.8b	27.0b	46.1c	41.6b	27.5b	1.5a
	T2	5.1a	27.1a	46.5a	45.2a	29.7a	1.5a
	T3	4.5c	26.9c	46.2b	42.5b	27.2b	1.6a
	平均值 Average	4.8b	27.0b	46.3d	43.1b	28.1b	1.5c
CK		4.5d	19.2e	38.5e	38.5c	29.7a	1.3e

他养分的转化和供应，不利于作物生长^[21]。因此，因地制宜且适时适量地追施氮肥可以促进花生植株整体的生长^[22]。研究^[23-24]表明，随着生育期的推进，花生株高、侧枝长和分枝数随施氮量的增加呈先明显增加后逐渐稳定的趋势。张甜等^[25]认为，花针期追肥既增加分枝数，又能促进生殖生长；生育后期追肥仍可提高主侧茎高，但效果不显著。而贾东等^[26]研究表明，氮肥后移在一定程度上降低了水稻的茎蘖数。干物质积累是产量形成的基础，适当增施氮肥有利于干物质积累^[27]。郭刚等^[28]研究表明，施氮量为 135 kg/hm² 时，花生干物质积累量最高。不同时期追肥可促进花生生长发育，但结荚期追肥对花生干物质积累的促进效果不明显^[29]。而王晓颖等^[14]研究发现，在花针期和结荚期追肥对植株干物质积累、荚果产量的促进效果最好。本试验发现，在施氮量达到 225 kg/hm² 时，主茎高、第一对侧枝长和分枝数趋于稳定，但花生主茎高和第一对侧枝长比他人^[30]研究结果略低，可能与当年生育期内降雨量及灌水量较少等因素有关。氮肥后移可显著促进花生的生长发育，但对分枝数的提高效果不明显，与前人^[13]研究结果一致。在进入结荚期前，增施氮肥能促进花生生长，结荚期后到成熟期时，过量的氮肥会抑制干物质的积累，施氮 180 kg/hm² 处理显著提高了花生干物质积累量。

以往研究^[22,31-32]表明，在一定施氮量范围内，随施氮量的增加，花生产量也相应增加，但过度施氮则抑制产量的提高，氮肥对花生产量起着决定性的作用。与氮肥全部基施相比，基施加追施能显著增加单株结果数、百果重，进而增产^[33]。施用氮肥能提高花生籽粒蛋白质和粗脂肪含量^[34]。周录英等^[31]认为，施氮 150 kg/hm² 可显著增加蛋白质含量，超过 150 kg/hm² 时，蛋白质含量有所降低，且施氮量对花生脂肪含量影响显著，大量施氮会显著增加脂肪含量。孔洁等^[35]研究表明在花针期或结荚期追肥能显著提高籽仁蛋白质和脂肪含量。本试验条件下，施氮提高了花生荚果产量，180 和 225 kg/hm² 处理增幅大于 90 和 135 kg/hm² 处理，各时期追肥均有利用提高花生干物质积累量，其中 1/2 基肥+1/6 幼苗肥+1/6 花针肥+1/6 结荚肥处理促进效果最佳，这可能与土壤基础地力、环境、品种等有关。随着氮肥水平的提高，花生籽粒品质中蛋白质、脂肪以及油酸含量也有所增加；当氮肥用量过高时，随着氮肥用量的增加，花生籽仁品质有降低的趋势，此结论与张翔等^[36]研究结果一致，且 1/2 基肥+1/4 幼苗肥+1/4 花针肥能显著提高蛋白质、脂肪以及油酸的含量，从而改善籽仁品质。王艳莹等^[37]研究表明，不同氮肥用量对花生粗脂肪含量影响并不显著。但也有大量研究^[38-41]发现水分胁迫

迫会降低花生籽粒脂肪含量，施氮能提高脂肪含量，不同生态区对花生蛋白质和脂肪含量也有较大影响。本试验中最高施氮量使脂肪含量较 CK 增加 14.1%，并且 CK 处理下花生籽粒脂肪含量低于正常水平，这可能由灌水量少且 CK 处理不施氮肥等原因所致。

4 结论

本试验认为，花生施氮量为 180 kg/hm²，1/2 基肥+1/6 幼苗肥+1/6 花针肥+1/6 结荚肥处理有较好的农艺性状，产量最高并达到 4788.1 kg/hm²，较 CK 增产 23.8%；施氮量为 180 kg/hm²，1/2 基肥+1/4 幼苗肥+1/4 花针肥处理籽粒达到较高的品质。综合考虑，认为花生生育期施氮 180 kg/hm²，1/2 基肥+1/6 幼苗肥+1/6 花针肥+1/6 结荚肥可使花生生长和产量表现最优。

参考文献

- [1] 中国统计年鉴编委会. 中国统计年鉴. 北京: 中国统计出版社, 2022.
- [2] 王小军. 新疆花生种植面积较上年增加 10 余万亩. (2022-10-09)[2023-09-19]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1746217611965618833&wfr=spider&for=pc>.
- [3] 黄新阳, 周静, 赵恩海, 等. 施肥、密度、化控对山宁 17 产量的影响. 大豆科技, 2019(5): 20-23.
- [4] 郑亚萍, 孙秀山, 成强, 等. 缓释肥对旱地花生生长发育及产量的影响. 山东农业科学, 2011(8): 68-70.
- [5] Tang Y L, Rosemarie G M, Li C S, et al. Physiological factors underpinning grain yield improvements of synthetic derived wheat in Southwestern China. Crop Science, 2015, 55(1): 98-112.
- [6] 江晨, 张智猛, 孟爱芝, 等. 不同施氮量对花生干物质积累及氮肥利用率的影响. 山东农业科学, 2020, 52(7): 67-70.
- [7] 赵秀芬, 房增国. 大豆、花生固氮与施氮关系的研究进展. 安徽农学通报, 2005, 11(3): 48-49.
- [8] 代新俊, 夏清, 杨珍平, 等. 氮肥后移对强筋小麦氮素积累转运及籽粒产量与品质的影响. 水土保持学报, 2018, 32(3): 289-294.
- [9] 杨正, 肖思远, 陈思宇, 等. 施氮量对不同油酸含量大花生产量及品质的影响. 河南农业科学, 2021, 50(9): 44-52.
- [10] 郑永美, 王春晓, 刘岐茂, 等. 氮肥对花生根系生长和结瘤能力的调控效应. 核农学报, 2017, 31(12): 2418-2425.
- [11] 王建国, 唐朝辉, 张佳蕾, 等. 播期与施氮量对花生干物质、产量及氮素吸收利用的影响. 植物营养与肥料学报, 2022, 28(3): 507-520.
- [12] 成艳红, 武琳, 钟义军, 等. 控释肥对稻草覆盖红壤花生产量及土壤有效氮平衡的影响. 土壤学报, 2014, 51(2): 306-313.
- [13] 丁红, 张冠初, 石程仁, 等. 膜下滴灌追肥对花生生长发育、光合特性及产量的影响. 花生学报, 2020, 49(3): 46-51.
- [14] 王晓颖, 周宇浩, 邹晓霞, 等. 膜下滴灌追肥时期对花生干物质及氮素积累和产量的影响. 花生学报, 2021, 50(3): 40-46.
- [15] Nagarjuna P, Venkateswarlu B, Sreerekha M, et al. Effect of crop establishment methods and nitrogen management on growth and yield of rice. International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology, 2021, 14(2): 185-189.
- [16] 李强, 孔凡磊, 袁继超. 氮肥运筹对不同玉米品种氮素吸收、利用及田间氮平衡的影响. 华北农学报, 2022, 37(4): 169-181.
- [17] 罗静静, 王贺亚. 减量施氮及氮肥运筹对春小麦群体结构和产量的影响. 江苏农业科学, 2022, 50(23): 62-67.
- [18] 张晨霞, 胡大鹏, 张中宁, 等. 缓释氮肥运筹对麦后直播棉株型调节和成铃的影响. 扬州大学学报(农业与生命科学版), 2022, 43(1): 88-96.
- [19] 沈浦, 冯昊, 罗盛, 等. 缺氮胁迫下含 Na⁺叶面肥对花生生长的抑制及补氮后的恢复效应. 植物营养与肥料学报, 2016, 22(6): 1620-1627.
- [20] Hou L, Lin R X, Wang X J, et al. The mechanisms of pod zone nitrogen application on peanut pod yield. Russian Journal of Plant Physiology, 2022, 69(3): 51.
- [21] 李凤霞, 王长军, 郭永忠. 盐碱地农田土壤氮素转化微生物及其影响因素研究进展. 宁夏农林科技, 2020, 61(8): 33-36.
- [22] 曾勇军, 吕伟生, 潘晓华, 等. 氮肥追施方法和追用时期对超级早稻株型及物质生产的影响. 作物学报, 2014, 40(11): 2008-2015.
- [23] 张翔, 张新友, 张玉亭, 等. 施氮量对不同花生品种生长及干物质积累的影响. 花生学报, 2011, 40(1): 23-29.
- [24] 刘学良, 修俊杰, 张一楠, 等. 不同氮肥用量对花生生长发育的影响. 农业科技通讯, 2019(3), 86-89.
- [25] 张甜, 毕振方, 戴常青, 等. 不同时期追肥对花生植株生长动态的影响. 山东农业科学, 2018, 50(6): 130-134.
- [26] 贾东, 卢晶晶, 孙雅君, 等. 氮肥不同运筹模式对水稻生产及氮肥利用率的影响. 西南农业学报, 2016, 29(3): 584-589.
- [27] 赵艳, 罗铮, 杨丽, 等. 氮肥运筹对稻茬小麦氮素转运、干物质积累、产量及品质的影响. 麦类作物学报, 2022, 42(8): 1001-1011.
- [28] 郭刚, 袁嫚嫚, 张青交, 等. 施氮量对砂姜黑土区花生生长、干物质和氮素累积的影响. 中国土壤与肥料, 2015(6): 92-95.
- [29] 万书波, 张思苏, 刘光臻, 等. 应用 ¹⁵N 示踪法对花生氮肥施用时期和方法的研究. 花生科技, 1989(3): 24-27.
- [30] 肖春燕, 王纯武, 马海新, 等. 新疆北疆单双粒播种模式对不同高油酸花生品种农艺性状及产量的影响. 安徽农学通报, 2021, 27(6): 39-42, 47.
- [31] 周录英, 李向东, 汤笑, 等. 氮、磷、钾肥不同用量对花生生理特性及产量品质的影响. 应用生态学报, 2007, 18(11): 2468-2474.
- [32] 杨吉顺, 李尚霞, 张智猛, 等. 施氮对不同花生品种光合特性及干物质积累的影响. 核农学报, 2014, 28(1): 154-160.
- [33] 隋世江, 张海楼, 张艳君, 等. 施氮方式对连作花生生长发育及产量的影响. 河南农业科学, 2014, 43(11): 32-35.
- [34] 张智猛, 万书波, 戴良香, 等. 施氮水平对不同花生品种氮代谢及相关酶活性的影响. 中国农业科学, 2011, 44(2): 280-290.
- [35] 孔洁, 庞茹月, 毕振方, 等. 不同生育时期追肥对花生功能叶片内源激素和籽仁品质的影响. 花生学报, 2021, 50(2): 33-37.
- [36] 张翔, 张新友, 毛家伟, 等. 施氮水平对不同花生品种产量与品质的影响. 植物营养与肥料学报, 2011, 17(6): 1417-1423.
- [37] 王艳莹, 唐洪杰, 陈香艳, 等. 不同氮肥用量对花生产量和品质的影响. 农业科技通讯, 2017, 546(6): 119-120.
- [38] 汤笑. 水氮及其互作对花生生理特性和产量品质的影响. 泰安: 山东农业大学, 2007.
- [39] 胡文广, 邱庆树, 李正超, 等. 花生品质的影响因素研究 II. 栽培因素. 花生学报, 2002, 31(4): 14-18.
- [40] 王才斌, 刘云峰, 吴正锋, 等. 山东省不同生态区花生品质差异及稳定性研究. 中国生态农业学报, 2008, 67(5): 1138-1142.
- [41] 刘华, 张新友, 崔党群, 等. 花生蛋白质和脂肪含量的主基因+多基因遗传分析. 江苏农业科学, 2011, 39(2): 127-130.

Effects of Nitrogen Fertilizer Management on Growth and Development, Yield and Quality of Peanut in Northern Xinjiang

Liu Yue¹, Jia Yonghong², Yu Yuehua¹, Zhang Jinshan¹, Wang Runqi¹, Li Dandan¹, Shi Shubing¹

(¹College of Agronomy of Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, Xinjiang, China;

²Qitai County Wheat Experiment Station, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Qitai 831800, Xinjiang, China)

Abstract In order to clarify the suitable N fertilizer management model for peanut production, using Huayu 25 as the test variety, four N levels (N1: 90 kg/ha, N2: 135 kg/ha, N3: 180 kg/ha, N4: 225 kg/ha) and three N application methods (T1: 1/2 base fertilizer+1/2 seedling fertilizer, T2: 1/2 base fertilizer+1/4 seedling fertilizer+1/4 flower needle fertilizer, T3: 1/2 base fertilizer+1/6 seedling fertilizer+1/6 flower needle fertilizer+1/6 pod fertilizer) were set up, and no N application was the control (CK), to analyze the influence of different N fertilizer management model on the growth, development, yield and quality of peanut. The results showed that by increasing the nitrogen fertilizer in the range of 90-225 kg/ha, the main stem height, the first collateral branch length and the number of branches were the highest in N4 treatment. The amount of dry matter and yield increased first and then decreased, with the highest in N3 treatment. The contents of protein, fat and oleic acid were the highest in N3 treatment. When the N fertilizer dosage was the same, the amount of dry matter accumulation and yield were the highest in T3 treatment. The contents of protein, fat and oleic acid were the highest in T2 treatment. The dry matter accumulation and yield of peanut were higher than other treatments, and the quality was better with the N3T3 treatment. In terms of yield improvement and quality enhancement, 180 kg/ha of N, 90 kg/ha of basal N fertilizer and 30 kg/ha top dressing of N fertilizer at the seedling, flowering needle and pod setting stages can be considered as the best N fertilizer management model for achieving high yield and quality of peanut in northern Xinjiang.

Key words Peanut; Nitrogen fertilizer dosage; Nitrogen application method; Yield; Quality