

膜下滴灌追肥种类对花生生长和产量的影响

秦文洁, 郭润泽, 邹晓霞, 张晓军, 于晓娜, 王月福, 司彤*
(青岛农业大学农学院/山东省旱作农业技术重点实验室, 山东 青岛, 266109)

摘要:为明确不同肥料种类及其相互配合追施提高花生产量的效应, 确定适宜的追施肥料种类和配施方式, 为花生科学施肥提供理论依据。在大田覆膜滴灌条件下, 于花针期设置追施氮、钙、硼肥及其相互配施处理, 研究了不同处理对花生生长和产量的影响。结果表明, 与单独追施氮、硼、钙肥相比, 三种肥料配合施用后单株果针数、结果数和荚果干重分别增加了 18.61%~24.0%, 12.50%~23.00% 和 12.13%~21.60%, 进而提高了产量, 且氮、钙和硼肥配合施用促进了花生的地上部干重、主茎高和分枝数, 有利于各器官干物质积累, 故以花针期追施一定比例的氮硼钙肥或氮钙肥能够有效促进花生营养生长并提高产量。

关键词:花生; 膜下滴灌; 追肥种类; 生长; 产量

中图分类号: S34 文献标识码: A 文章编号: 1007-9084(2021)05-0891-07

Effects of fertilizer topdressing on growth and yield of peanut with drip irrigation under film

QIN Wen-jie, GUO Run-ze, ZOU Xiao-xia, ZHANG Xiao-jun, YU Xiao-na, WANG Yue-fu, SI Tong*
(Agricultural College of Qingdao Agricultural University / Key Laboratory of Dry Farming Technology in Shandong Province, Qingdao 266109, China)

Abstract: To clarify the effect of topdressing with different fertilizers on peanut yield combined with drip irrigation under film, field experiments were carried out in Jiaozhou, Shandong Province. Mono-application of nitrogen (N), calcium (Ca), and boron (B) fertilizers, combined application of NCa, NB, BCa, and NBCa were set at the flowering stage, treatment of no irrigation and no topdressing was set as CK1, only irrigation without topdressing as CK2. Yield and related agronomic traits were analyzed under different topdressing treatments. The results showed that, compared with mono-topdressing, combined topdressing of N, B and Ca increased the pins per plant, fruits per plant and dry weight of pods by 18.61%–24.0%, 12.5%–23.0%, and 12.13%–21.60% respectively, thus increased the yield. Meanwhile combined application of three fertilizer increased the shoot dry weight, main stem height and branch number of peanuts, which could help to a better accumulation of the dry matter accumulation of each organ. In conclusion, the combined application of NBCa or NCa fertilizer at the pod-pin stage could effectively promote the growth of peanut and increase the yield. This study will contribute to determine the appropriate topdressing fertilizer types with drip irrigation under film.

Key words: peanut; drip irrigation under mulch; topdressing species; growth; yield

在现代化农业中, 施用肥料是必不可少的措施之一, 施肥水平与作物产量指标之间有着密切的关系, 在一定施肥量下二者呈正相关^[1]。目前, 关于花生单施氮、硼、钙肥的研究相对较多。刘光臻等研究发现花生主茎高、侧枝长、总分枝数均与施氮量

呈显著或极显著正相关, 但是施用氮肥过多, 导致营养生长和生殖生长不协调, 显著促进营养生长, 但结果数减少, 产量降低^[2]。

张毅等研究不同施氮量对麦茬夏花生生长及产量的影响^[3], 结果表明, 在 0 ~ 225 kg/hm² 范围内,

收稿日期: 2020-05-16

基金项目: 国家重点研发计划(2018YFD0201000); 国家自然科学基金青年基金(31901461); 山东省农业良种工程(2017LZGC003); 山东省花生现代产业技术体系(SDAIT-04-05)

作者简介: 秦文洁(1995-), 女, 硕士研究生, 主要从事花生栽培生理生态研究, E-mail: 814879754@qq.com

* 通讯作者: 司彤(1990-), 男, 讲师, 博士, 主要从事花生栽培生理生态研究, E-mail: nmst12@163.com

随施氮量增加,产量逐渐提高,施氮量达到 300 kg/hm²时,产量反而降低。孙虎等认为不同花生品种的适宜施氮量不同,珍珠豆型花生品种白沙 1016 施氮在 0~90 kg/hm²,普通型花生品种花育 17 在 0~135 kg/hm²范围内,有效荚果数随施氮量增加而增加,每千克荚果数随施氮量增加而降低,总体上荚果产量随施氮量增加而增加,但超过上述范围后继续增加施氮量反而使有效荚果数下降、千克果数增多和荚果产量下降^[4]。张佳蕾等研究表明,旱地花生增施钙肥提高了单株结果数、双仁果率和籽仁饱满度,因而促进增产^[5]。郑亚萍等研究认为施用硼肥有利于提高花生双仁果率和单株结荚数,单施硼肥,比对照不施硼平均增产 7.0%^[6]。然而对于氮、硼、钙肥配合追施对花生生长和产量影响的研究鲜见报道。基于此,本研究在大田覆膜滴灌条件下,于花生花针期追施不同种类的肥料,研究了氮、硼和钙单施及其配合施用对花生生长和产量的影响,以确定适宜的追施肥料种类和配施方式,为花生科学追肥,实现高产高效栽培提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

试验于 2017 年和 2018 年在青岛农业大学胶州现代科技示范园进行。两年 5~9 月份相关气象数据如表 1。供试土壤为砂姜黑土,0~20 cm 土层土

壤基础养分状况见表 2。花生品种为大花生品种青花 7 号。肥料为尿素(总氮≥46.4%)、硝酸钙(Ca(NO₃)₂·4H₂O≥99.0%)和硼砂(分析纯)。

1.2 试验设计

在统一基施复合肥(N:P:K=15:15:15)300 kg/hm²的基础上,采用膜下滴灌方式,花针期追肥前进行滴灌,一次性灌入,在花针期设置 9 个处理,分别为处理 1(CK1):不灌水不追肥;处理 2(CK2):只灌水不追肥;处理 3(N):追施氮肥;处理 4(B):追施硼肥;处理 5(Ca):追施钙肥;处理 6(NB):追施氮硼肥;处理 7(NCa):追施氮钙肥;处理 8(BCa):追施硼钙肥;处理 9(NBCa):追施氮硼钙肥。各处理具体追肥种类、数量及灌水量见表 3。于花生适宜播种期(2017 年 5 月 8 日,2018 年 5 月 9 日)进行机播,一垄双行,垄距 90 cm,垄上小行距 30 cm,每穴两粒,穴距 15 cm。小区面积 20 m×2.7 m=54 m²,随机排列,重复 3 次,共 27 个小区。分别于 2017 年 9 月 13 日和 2018 年 9 月 11 日收获。其它田间管理同大田生产。

1.3 测定项目与方法

自花针期追肥(2017 年 7 月 3 日,2018 年 7 月 6 日)后 10 d 开始取样,以后每隔 10 d 取样 1 次,每次取代表性植株 5 穴,共取 5 次。调查主茎高、有效分枝数、果针数、有效果数,按叶、茎、果针和荚果分样,装于牛皮纸袋中,于 105℃杀青 0.5 h,75℃烘干

表 1 2017 年和 2018 年 5~9 月份相关气象数据

Table 1 Meteorological data for May–September in 2017 and 2018

年份 Year	月份 Month	平均温度 /℃ Average temperature	降水量 /mm Precipitation	日照时数 /h Sunshine hours
2017	5	20.1	30.3	265.3
	6	22.9	73.6	234.5
	7	27.7	138.1	187.5
	8	25.9	144.1	180.2
	9	22.4	103.0	206.7
2018	5	18.4	82.4	231.8
	6	22.7	93.6	237.1
	7	26.2	155.2	207.2
	8	27.5	178.0	234.5
	9	21.5	102.4	201.3

表 2 供试土壤基础养分含量

Table 2 The nutrient contents of soil

年份 Year	碱解氮 Available N /(mg/kg)	速效磷 Available P /(mg/kg)	速效钾 Available K /(mg/kg)	有机质 Organic matter /%	pH	交换性钙 Exchangeable calcium /(g/kg)	有效硼 Available boron /(mg/kg)
2017	55.93	31.84	80.38	1.15	7.68	3.46	0.87
2018	66.76	30.39	75.50	1.15	7.53	3.21	0.80

表3 各处理施肥和灌水情况
Table 3 Fertilization and irrigation of each treatment

处理 Treatment	追肥量 Top dressing amount /(kg/hm ²)			灌水量 / mm
	尿素 Urea	硼砂 Borax	硝酸钙 Calcium nitrate	Irrigation amount
CK1	0	0	0	0
CK2	0	0	0	10
N	130.5	0	0	10
B	0	15	0	10
Ca	0	0	132.3	10
NB	130.5	15	0	10
NCa	130.5	0	132.3	10
BCa	0	15	132.3	10
NBCa	130.5	15	132.3	10

至恒重,称量其干物重。

1.4 数据处理

数据处理在 Excel 2010 下进行,统计分析和差异显著性检验在 DPS 数据处理系统 LSD 下进行。

2 结果与分析

2.1 不同处理对花生主茎高的影响

由表4可以看出,两个对照处理比较,CK2主茎高在各期均高于CK1,但均未达到显著水平,说明花针期灌10 mm水对花生主茎高的影响不显著。各追肥处理花生主茎高均明显高于不施肥对照,部分处理差异达显著水平。各追肥处理间比较,不同取样期均以NBCa处理主茎高最高,两两配施处理花生主茎高基本均高于相应的单施处理,且两两配施处理比较,表现为NCa>NB>BCa。单施处理中,表现为N>Ca>B。说明花针期追肥可不同程度地促进花生主茎生长,单施追肥以追施氮肥效果较好,但不如氮、硼、钙肥配合施用,以追施氮硼钙肥或氮钙肥促进花生主茎生长的效果最好。

2.2 不同处理对花生分枝数的影响

由表5可以看出,两个对照处理的分枝数各时期均未达到显著差异,说明花针期灌10 mm水对花生分枝的影响不显著。各追肥处理花生分枝数均明显多于不施肥对照,部分处理差异达显著水平。各追肥处理间比较,各期均以NBCa处理分枝数最多。NB处理的分枝数与N处理差异不显著,但显著多于B处理。NCa处理分枝数多于N处理和Ca处理。BCa处理多于B处理,与Ca处理差异不显著。单施处理中,表现为N>Ca>B。说明花针期追肥均可不同程度地促进花生分枝,单施追肥以氮肥效果最好,但不如氮、硼、钙肥配合施用,同样的,以追施氮硼钙肥促进花生分枝的效果最好。

表4 不同处理对花生主茎高的影响

Table 4 Effects of different treatment on main-stem height of peanut /cm

年份 Year	处理 Treatment	追肥后天数/d Days after topdressing				
		10	20	30	40	50
2017	CK1	36.67c	43.53d	46.60e	47.30e	48.10e
	CK2	36.80c	43.90cd	47.0de	47.33e	48.30e
	N	38.67bc	46.17bc	49.17bc	50.97c	51.90c
	B	36.77c	44.20cd	47.53cde	48.50de	49.53de
	Ca	37.73bc	45.50bcd	49.00bc	50.37cd	50.93cd
	NB	38.83bc	46.03bcd	49.87b	51.03bc	52.00bc
	NCa	40.67ab	47.73ab	50.63ab	53.03ab	53.93ab
	BCa	37.83bc	45.67bcd	48.67bcd	50.40cd	51.13cd
2018	NBCa	43.50a	49.77a	52.10a	54.73a	55.63a
	CK1	37.83ab	39.83de	44.17e	46.50c	47.00c
	CK2	36.33b	38.83e	44.50e	46.73c	47.83bc
	N	39.67a	45.33a	48.00c	52.17b	53.50a
	B	36.00b	41.33cd	45.83d	47.17c	48.50bc
	Ca	36.67b	42.00bc	46.33d	48.83c	49.83b
	NB	38.00ab	44.00ab	50.17b	53.00ab	54.00a
	NCa	40.17a	44.17a	50.17b	53.67ab	54.17a
	BCa	36.67b	43.50ab	49.50b	52.83ab	53.00a
	NBCa	40.67a	45.57a	52.50a	54.67a	54.83a

注:不同处理施肥和灌水情况见表3。同列不同小写字母分别表示处理间差异显著($P < 0.05$)

Note: The fertilization and irrigation of different treatments are shown in table 3. Different lowercase letters in the same column indicate significant differences between treatments ($P < 0.05$)

2.3 不同处理对花生叶片干重的影响

由表6可以看出,两个对照处理的叶片干重各期均未达到显著差异,说明花针期灌10 mm水对花生叶片生长的影响不显著。2017年各处理花生叶片干

表5 不同处理对花生分枝数的影响

Table 5 Effect of different treatment on branching numbers of peanut

年份 Year	处理 Treatment	追肥后天数 / d Days after topdressing				
		10	20	30	40	50
2017	CK1	7.3c	8.3c	9.33d	9.7c	10.0c
	CK2	7.3c	8.3c	9.33d	9.7c	10.0c
	N	8.7ab	10.0ab	10.67abc	11.3ab	11.7ab
	B	7.3c	8.3c	9.33d	10.0c	10.3c
	Ca	8.0bc	9.3bc	10.00cd	10.7bc	11.0bc
	NB	8.7ab	10.0ab	10.67abc	11.3ab	11.7ab
	NCa	9.3a	10.7a	11.33ab	12.0a	12.3a
	BCa	8.7ab	9.3bc	10.33bcd	10.7bc	11.0bc
	NBCa	9.3a	10.7a	11.67a	12.0a	12.7a
2018	CK1	8.0c	8.0c	8.7c	8.7d	9.0c
	CK2	8.0c	8.3bc	8.7c	9.0cd	9.0c
	N	8.7abc	9.0ab	9.3b	9.7abc	10.0ab
	B	8.3bc	8.3bc	9.0bc	9.7abc	9.7bc
	Ca	8.0c	9.0ab	9.3b	9.3bcd	9.7bc
	NB	8.7abc	9.0ab	9.3b	10.0ab	10.0ab
	NCa	9.0ab	9.3a	9.3b	9.7abc	10.0ab
	BCa	8.0c	8.3bc	9.0bc	9.7abc	9.7bc
	NBCa	9.3a	9.7a	10.0a	10.3a	10.7a

注:不同处理施肥和灌水情况见表3。同列数值后不同小写字母分别表示处理间差异显著($P < 0.05$)

Note: The fertilization and irrigation of different treatments are shown in table 3. Different lowercase letters in the same column indicate significant differences between treatments ($P < 0.05$)

重随取样日期的推进呈先上升后略微下降的变化趋势,于追肥后40 d达到最大值;2018各处理花生叶片干重随取样日期的推进部分呈逐渐上升趋势,如NB-Ca处理,部分呈先上升后略微下降的趋势,如B处理,这可能是由于两年气候差异影响了花生的生长发育进程。各追肥处理不同取样期花生叶片干重均显著高于不施肥的对照,说明花针期追肥可提高花生叶片干重。各追肥处理间比较,NBCa与NCa处理叶片干重在不同取样期互有高低,但二者未达到显著差异,为各处理间最高值。除追肥后10 d外,两两配施处理各期花生叶片干重均高于相应单施处理,其中,以NCa处理花生叶片干重最高,部分取样期显著高于NB、BCa处理。单施处理中,花生叶片干重表现为 $N > Ca > B$ 。说明花针期追肥可不同程度地促进花生叶片生长,单施追肥以氮肥效果最好,但单独追肥效果不如氮、硼、钙肥配合施用,以追施氮硼钙肥或氮钙肥促进叶片生长的效果最好。

2.4 不同处理对花生茎秆干重的影响

由表7可以看出,两个对照处理的茎秆干重各

表6 不同处理对花生叶片干重的影响/(g/株)

Table 6 Effect of different treatment on dry matter weight of leaves of peanut / (g/plant)

年份 Year	处理 Treatment	追肥后天数/d Days after topdressing				
		10	20	30	40	50
2017	CK1	13.9c	16.1cd	17.97d	18.34e	16.88de
	CK2	14.7bc	16.0d	17.86d	18.84cde	16.44e
	N	16.5ab	19.00abc	20.03bc	21.09bcd	20.97abc
	B	15.3abc	17.48bcd	18.22cd	18.61de	18.14cde
	Ca	15.2abc	18.60abcd	18.93cd	19.26cde	18.93bcde
	NB	16.0abc	19.28ab	20.97ab	21.22bc	20.67abc
	NCa	16.4ab	20.62a	22.80a	22.82ab	21.11ab
	BCa	16.3ab	18.07abcd	19.03bcd	20.74bcde	19.35bcd
	NBCa	17.0a	20.69a	22.63a	24.22a	22.76a
2018	CK1	10.46e	12.59d	14.53e	14.64d	15.14e
	CK2	11.28cde	13.96cd	14.43e	14.81d	14.74e
	N	11.51cde	15.43abc	17.43bcd	20.59b	21.46bc
	B	10.92de	14.09bcd	15.13de	17.29c	17.03de
	Ca	10.30e	15.39abc	16.53cde	19.36bc	19.59cd
	NB	12.37bcd	16.09ab	17.86bc	21.16b	22.09bc
	NCa	14.02ab	16.66a	19.73ab	23.96a	23.49ab+
	BCa	13.01abc	14.49bcd	18.33abc	20.29b	22.83ab
	NBCa	14.42a	17.39a	20.43a	23.63a	25.63a

注:不同处理施肥和灌水情况见表3。同列数值后不同小写字母分别表示处理间差异显著($P < 0.05$)

Note: The fertilization and irrigation of different treatments are shown in table 3. Different lowercase letters in the same column indicate significant differences between treatments ($P < 0.05$)

期均未达到显著差异,说明花针期灌10 mm水对花生茎秆生长的影响不显著。各追肥处理各取样期花生茎秆干重均显著高于不施肥的对照处理(追肥后10 d除外),说明花针期追肥均可不同程度地促进花生茎秆生长。各追肥处理间比较,NBCa与NCa处理茎秆干重在各取样期均未达到显著差异,为各处理间最高值。两两配施处理的花生茎秆干重在大多取样期均高于相应单施处理。两两配施处理中,NCa处理花生茎秆干重各期基本高于NB、BCa处理,有时达到显著差异。单施处理中,花生茎秆干重表现为 $N > Ca > B$ 。说明花针期追肥可不同程度地促进花生茎秆生长,单施追肥以追施氮肥促进茎秆生长效果较好,但单独追肥促进茎秆生长效果不如氮、硼、钙肥配合施用,以追施氮硼钙肥或氮钙肥促进茎秆生长的效果最好。

2.5 不同处理对花生总果针数的影响

由表8可以看出,各处理花生总果针数随生育进程推进均呈逐渐上升趋势。CK1、CK2处理的花生总果针数在各取样期互有高低,但未达到显著差

异,说明花针期灌 10 mm 水对花生总果针数的影响不显著。各取样期总果针数均高于不施肥的对照处理,大多达到显著差异(追肥后 10 d 除外),说明花针期追肥可不同程度地提高花生总果针数。追肥处理间比较,在各取样期不同处理总果针数均以 NBCa 处理最多。两两配施处理中,NB、NCa、BCa 处理总果针数在各取样期互有高低,除追肥后 30 d,其他各期均无显著差异。单施处理中,N 处理总果针数在各取样期均高于 B、Ca 处理,但差异未达显著水平。两两配施处理各期总果针数也均高于相应的单施。说明单独追施氮、硼、钙肥提高花生总果针数的效果不如氮、硼、钙肥配合施用,以追施氮硼钙肥提高花生总果针数的效果最好,较单独追施氮、硼、钙肥相比,追施氮硼钙肥增加了花生果针数 18.61%~24.0%。

2.6 不同处理对花生单株结果数的影响

由表 9 可以看出,CK1、CK2 处理的花生单株结果数在各取样期互有高低,但均未达到显著差异,说明花针期灌 10 mm 水对花生单株结果数的影响不

显著。各追肥处理在各取样期单株结果数均高于不施肥的对照处理,随生育期延长差异日趋明显,说明在花针期追肥可以有效提高花生单株结果数。追肥处理间比较,在各取样期单株结果数均以 NB-Ca 处理最多。两两配施处理各取样期单株结果数均多于相应单施处理,其中,NB、NCa、BCa 处理单株结果数在各取样期互有高低,但均未达显著差异。单施处理中,N 处理单株结果数在各取样期均多于 B、Ca 处理,部分达显著水平。表明单独追施氮、硼、钙肥提高花生单株结果数的效果不如氮、硼、钙肥配合施用,各处理中以追施氮硼钙肥提高花生单株结果数的效果最好。而氮、硼、钙肥配合施用较单独追施氮、硼、钙肥相比,增加了花生单株结果数 12.5%~23.0%。

2.7 不同处理对单株荚果干物重的影响

由表 10 可以看出,CK2 处理单株荚果干重除追肥后 10 d,其它取样期均高于 CK1,但未达到显著水平。各追肥处理各取样期单株荚果干重均高于不施肥的对照处理,部分达到显著水平(滴灌后 10 d

表 7 不同处理对花生茎秆干重的影响/(g/株)
Table 7 Effect of different treatment on dry matter weight of steam of peanut / (g/plant)

年份	处理	追肥后天数/d Days after topdressing				
Year	Treatment	10	20	30	40	50
2017	CK1	10.98b	13.38cd	13.85d	14.73c	14.89e
	CK2	11.99ab	12.46d	14.48cd	15.00c	15.56de
	N	12.83ab	14.74abcd	16.19bc	17.97ab	18.64ab
	B	12.37ab	13.89bcd	15.80bcd	16.18bc	16.15cde
	Ca	12.38ab	14.15bcd	15.40bcd	16.71bc	17.42bcd
	NB	12.41ab	14.62abcd	16.56bc	18.25ab	18.12abc
	NCa	13.71a	16.04ab	17.29ab	19.12a	19.41ab
	BCa	12.27ab	15.65abc	16.09bc	17.79ab	17.53abcd
	NBCa	12.32ab	16.68a	18.96a	19.59a	19.79a
2018	CK1	8.81c	9.34e	11.66e	13.04d	13.66d
	CK2	9.19c	10.04de	12.35e	13.01d	13.85d
	N	10.60b	12.73bc	14.61cd	15.21c	17.14bc
	B	8.81c	11.10d	12.45e	13.84d	14.27d
	Ca	8.98c	12.30c	14.35d	15.08c	16.07c
	NB	10.56b	13.56ab	15.71bc	17.48b	17.87b
	NCa	11.55a	13.36abc	16.68ab	19.01a	19.44a
	BCa	10.82ab	12.46c	14.31d	15.94c	16.91bc
	NBCa	11.23ab	14.26a	17.11a	19.11a	20.37a

注:不同处理施肥和灌水情况见表 3。同列数值后不同小写字母分别表示处理间差异显著($P < 0.05$)

Note: The fertilization and irrigation of different treatments are shown in table 3. Different lowercase letters in the same column indicate significant differences between treatments ($P < 0.05$)

表 8 不同处理对花生总果针数变化的影响
Table 8 Effect of different treatment on the pin number of peanut / (No. /plant)

年份	处理	追肥后天数/d Days after topdressing				
Year	Treatment	10	20	30	40	50
2017	CK1	29.0c	35.0d	41.7e	44.0e	46.7e
	CK2	28.3c	36.7cd	43.0de	45.3de	47.0de
	N	34.0ab	43.0b	46.7cd	49.7bcd	53.0bcd
	B	32.7ab	41.3bc	44.7cde	47.3cde	49.3cde
	Ca	31.3bc	41.0bcd	45.0cde	48.7cde	50.3cde
	NB	35.3a	44.7b	48.3bc	52.7bc	55.0bc
	NCa	35.3a	47.0ab	51.3b	55.0b	59.0ab
	BCa	34.6ab	42.7bc	45.3cde	50.0bcd	52.3cde
	NBCa	35.3a	52.7a	58.7a	61.3a	63.0a
2018	CK1	39.0cd	41.7e	46.0de	47.0d	50.0e
	CK2	40.7cd	43.3de	45.3e	48.7d	49.3e
	N	37.3d	47.0cd	50.0cd	55.3c	57.7cd
	B	38.7cd	45.7d	53.3bc	60.0bc	61.0bcd
	Ca	37.0d	46.7d	50.0cd	55.3c	56.3d
	NB	44.7b	50.7bc	51.7bc	60.7c	62.7bc
	NCa	41.7bc	51.7b	54.3b	56.3bc	58.7bcd
	BCa	45.3b	52.3b	55.0b	58.0bc	63.7ab
	NBCa	49.7a	58.3a	61.3a	66.7a	68.3a

注:不同处理施肥和灌水情况见表 3。同列数值后不同小写字母分别表示处理间差异显著($P < 0.05$)

Note: The fertilization and irrigation of different treatments are shown in table 3. Different lowercase letters in the same column indicate significant differences between treatments ($P < 0.05$)

表9 不同处理对花生单株结果数的影响(个/株)

Table 9 Effect of different treatment on pod number of each peanut (No. /plant)

年份 Year	处理 Treatment	追肥后天数/d Days after topdressing				
		10	20	30	40	50
2017	CK1	2.0a	10.3bc	13.7c	15.0c	17.0d
	CK2	1.7a	9.7c	14.7bc	15.7c	16.7d
	N	2.3a	11.3abc	18.3a	20.3ab	22.0abc
	B	2.3a	11.3abc	17.3ab	20.0ab	20.7bc
	Ca	2.0a	10.7bc	16.3abc	17.7bc	19.3cd
	NB	2.3a	12.3abc	18.7a	21.0a	23.0ab
	NCa	2.7a	13.0ab	18.a	21.0a	22abc
	BCa	2.3a	12.0abc	18.0ab	20.7ab	21.3abc
	NBCa	2.7a	13.7a	18.7a	21.7a	24.7a
2018	CK1	5.3bc	8.7c	12.3c	14.7cd	15.0e
	CK2	5.0bc	9.3c	12.7c	14.0d	15.3e
	N	5.7b	13.0ab	16.3b	17.0bc	17.7bcd
	B	6.0ab	12.3b	16.0b	16.3bcd	16.7d
	Ca	4.3c	13.0ab	16.0b	16.7bc	17.0cd
	NB	6.0ab	13.7ab	16.7b	17.0bc	18.0bc
	NCa	5.7b	14.3a	17.3ab	17.7ab	18.7b
	BCa	6.0ab	13.7ab	16.7b	18.3ab	18.7b
	NBCa	7.0a	14.0a	18.3a	19.7a	20.0a

注:不同处理施肥和灌水情况见表3。同列数值后不同小写字母分别表示处理间差异显著($P < 0.05$)

Note: The fertilization and irrigation of different treatments are shown in table 3. Different lowercase letters in the same column indicate significant differences between treatments ($P < 0.05$)

除外),说明花针期追肥均可不同程度地提高荚果干重,从而增产。追肥处理间比较,在各取样期单株荚果干重均以NBCa处理最高。两两配施处理单株荚果干重均高于相应单施处理,其中,NB、NCa处理荚果干重在各取样期均高于BCa处理。单施处理中,N处理荚果干重大多取样期均高于B、Ca处理。表明花针期追肥可不同程度地提高单株荚果干重,但单独追肥提高单株荚果干重的效果不如氮、硼、钙肥配合施用,各处理中以追施氮硼钙肥提高荚果干重的效果最好,较单独追施氮、硼、钙肥相比,增加了12.13%~21.60%。

3 讨论与结论

在作物生长发育过程中,充足的水分供应能够提高产量,改善品质^[7]。张智猛等研究发现,水分胁迫降低了花生主茎高和分枝数^[8]。顾学花等研究表明,花针期和结荚期干旱胁迫显著降低花生主茎高、主茎绿叶数、分枝数和干物重^[9]。在本研究中,不灌水不追肥CK1与只灌水不追肥CK2处理的花

表10 不同处理对荚果干物重的影响(g/株)

Table 10 Effect of different treatment on the pods dry weight of peanut (g/plant)

年份 Year	处理 Treatment	追肥后天数/d Days after topdressing				
		10	20	30	40	50
2017	CK1	1.44b	5.45c	12.88d	18.35d	22.48d
	CK2	1.50b	5.75bc	13.52cd	19.56cd	22.64d
	N	2.35ab	7.74abc	16.72abc	23.85ab	26.11bc
	B	1.43b	7.41abc	14.51cd	20.29bcd	23.94cd
	Ca	1.56b	7.52abc	15.26bcd	22.04abc	25.09cd
	NB	2.55ab	8.42ab	18.53ab	24.88a	26.45bc
	NCa	2.36ab	8.67a	19.11a	25.24a	28.66ab
	BCa	1.93ab	7.72abc	16.10abcd	23.61ab	25.98bc
	NBCa	2.96a	8.62ab	19.35a	25.55a	29.47a
2018	CK1	2.38b	6.72c	10.09f	17.25e	21.73e
	CK2	2.29b	6.82c	10.22f	18.92de	22.27de
	N	2.44b	11.61a	14.19bc	21.89bc	25.76bc
	B	2.62ab	9.21b	11.65ef	18.75de	23.89cde
	Ca	2.09b	9.45b	12.09de	20.65cd	24.22cd
	NB	2.47b	11.38a	13.55bcd	22.65bc	26.69ab
	NCa	2.85ab	10.05b	14.95ab	25.89a	28.49a
	BCa	2.24b	9.95b	12.79cde	21.12cd	25.79bc
	NBCa	3.35a	11.48a	16.39a	24.22ab	28.69a

注:不同处理施肥和灌水情况见表3。同列数值后不同小写字母分别表示处理间差异显著($P < 0.05$)

Note: The fertilization and irrigation of different treatments are shown in table 3. Different lowercase letters in the same column indicate significant differences between treatments ($P < 0.05$)

生主茎高、分枝数、茎叶干重、果针和荚果数、荚果产量均无显著差异,其可能原因是2017、2018年花生生长期间降水量充足,而滴灌10 mm水量对各处理影响较小。

适当施氮可以促进花生生长,提高产量^[10]。有研究表明施用氮、钙肥能增加红衣花生单株饱满果数和出仁率^[11],这与本研究结果类似,即两两配施肥料较施用单一肥料显著提高了花生的分枝数和单株结果数。施肥时增施微量元素肥料有助于提高花生的产量,在蔡常被等多点考种结果中,施硼肥提高了花生的单株荚果数^[12],这与本研究结果类似,在2017年和2018年,在施复合肥的基础上增施硼肥显著增加了花生的单株结果数,进而增加了花生的单株产量。花生是需钙量较多的豆科作物之一,钙对花生荚果的发育产生重要作用^[13]。党现什等^[14]试验结果表明,施钙显著增加主茎高、总分枝数和地上部干物重,增加单株结果数、百果重而增产,然而在本研究中,单独施用钙肥未有显著提高花生的地上部干物重和单株结果数,但提高了主茎高,

这可能是由于不同试验的花生品种钙敏感性差异,也可能是因为本试验供试土壤本身含钙量较高,单独施钙效果不明显所致。

施肥时增施微量元素肥料,都能分别不同程度地提高花生的营养生长,孙秀山等研究中,有机肥与无机肥混合施用是促进连作花生生长发育的最佳施肥模式^[15]。于俊红等对水稻土施钙、硼对花生养分吸收及产量品质的影响研究结果认为,在施复合肥的基础上钙硼肥配合施用促进各种营养元素吸收和积累,增产效果显著^[16]。在本试验中,不同微量元素肥料配合施用较单施肥料显著提高了花生果针数、单株果数和荚果干物重,同时提高了花生产量。

综上所述,本试验在青岛胶州砂姜黑土条件下,在施用一定的大量元素肥料基础上,追施氮钙肥或氮钙硼肥可以提高花生的主茎高、分枝数和地上部干重,促进了花生的营养生长,提高了花生的果针数、单株结果数和荚果干物重,最终提高了产量。本试验结果可为山东胶东地区花生滴灌追肥提供理论依据和技术指导。

参考文献:

- [1] 王俊华,尹睿,张华勇,等.长期定位施肥对农田土壤酶活性及其相关因素的影响[J].生态环境,2007(1):191-196.
- [2] 刘光臻,张思苏,王在序,等.不同地力水平上施氮量对花生植株性状及产量的影响[J].花生科技,1988,21-23.
- [3] 张毅,张佳蕾,郭峰,等.不同施氮量对麦茬夏花生氮素吸收分配及产量的影响[J].花生学报,2018,47(3):52-56.
- [4] 孙虎,王月福,王铭伦,等.施氮量对不同类型花生品种衰老特性和产量的影响[J].生态学报,2010,30(10):2671-2677.
- [5] 张佳蕾,郭峰,孟静静,等.钙肥对旱地花生生育后期生理特性和产量的影响[J].中国油料作物学报,2016,38(3):321-327.
- [6] 郑亚萍,成强,吴兰荣,等.硼钼肥对旱地花生生长发育及产量的影响[J].作物杂志,2011(5):65-67.
- [7] 姚珍珠,夏桂敏,王淑君,等.花生对水分胁迫的响应研究进展[J].中国油料作物学报,2016,38(5):699-704.
- [8] 张智猛,万书波,戴良香,等.不同花生品种对干旱胁迫的响应[J].中国生态农业学报,2011,19(3):631-638.
- [9] 顾学花,孙莲强,张佳蕾,等.施钙对干旱胁迫下花生生理特性及产量的影响[J].花生学报,2013,42(2):1-8.
- [10] 廖常健,张鹏,张玉龙,等.微灌水氮调控对花生生长发育及产量的影响[J].中国油料作物学报,2017,39(3):372-379.
- [11] 胡承伟,李必钦,李春勇,等.不同配比的氮钙肥对红玉米花生农艺性状及产量的影响[J].花生学报,2016,45(1):57-60.
- [12] 蔡常被,胡友利,金华斌,等.花生施硼效应与施用技术的研究初报[J].中国油料,1985(2):59-61.
- [13] 白蒿,王玉昆,白宝璋,等.钙在花生荚果发育中的作用[J].吉林农业大学学报,1995,17(A01):26-28.
- [14] 党现什,蒋春姬,李憬霖,等.钙肥对花生产量及生理特性的影响[J].沈阳农业大学学报,2018,49(6):717-723.
- [15] 孙秀山,许婷婷,冯昊,等.不同种类肥料单配施对连作花生生长发育的影响[J].山东农业科学,2018,50(6):135-139.
- [16] 于俊红,彭智平,黄继川,等.水稻土施钙、硼对花生养分吸收及产量品质的影响[J].热带作物学报,2009,30(9):1261-1264.

(责任编辑:王丽芳)