

开农系列高油酸花生植株生长对干旱的响应

苗建利, 李绍伟, 郭敏杰, 任 丽, 谷建中, 芦振华, 殷君华, 李 阳, 刘 宏,
申卫国, 邓 丽*

(开封市农林科学研究院, 河南 开封 475004)

摘 要:本研究选用9个高油酸花生品种为试验材料, 采用防雨旱棚池栽的方式, 研究花生植株生长期土壤干旱对不同品种生长及产量的影响。结果表明, 花生结荚期, 主茎高胁迫指数降低较多的是开农71, 降幅达24%, 侧枝长胁迫指数降低较多的是开农1760, 降幅达28%。从花生植株结实枝数来看, 开农71、开农176、开农1760、开农312这4个品种结实枝数有所增加; 从生物量方面来看, 水分胁迫使大多数品种植株生物量胁迫指数表现不同程度降低趋势; 从对根冠比胁迫指数的影响来看, 苗期时土壤水分胁迫降低大多数品种植株根冠比, 结荚期时, 开农1760、开农176、开农308、开农312、开农61、开农71这6个品种的根冠比胁迫指数大于1。综合分析, 在花生生育期间, 中度土壤水分胁迫不仅明显抑制花生植株地上部生长, 同时还影响不同花生品种单株产量。本试验是采用抗旱系数法来初步评价花生品种的抗旱性, 其中, 开农61、开农176和开农1760品种单株产量抗旱系数均大于1, 抗旱性强, 其余7个品种产量抗旱系数均小于1, 其中开农1715单株产量抗旱系数降幅较大, 达27%, 其抗旱性相对弱。

关键词:花生; 生长; 胁迫指数; 抗旱

中图分类号: S565.2

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2022)02-0011-05

The Effect of Drought Stress on the Growth of Kainong High Oleic Peanut Varieties

MIAO Jianli, LI Shaowei, GUO Minjie, REN Li, Gu Jianzhong, LU Zhenhua, YIN Junhua, LI Yang, LIU Hong, SHEN Weiguo, DENG Li*

(Kaifeng Academy of Agriculture and Forestry, Kaifeng 475004, China)

Abstract: The effect of drought stress on the growth and yield of nine high oleic peanut varieties grown under rain shelters were analyzed in this study. In the pod stage, the largest decrease of stress index based on the height of main stem is 24% in Kainong 71, while the largest decrease of stress index based on the length of lateral branch is 28% in Kainong 1760. Varieties with increased number of branches with pods are Kainong 71, Kainong 176, Kainong 1760 and Kainong 312. The stress index based on yield decreased for most of varieties under drought stress. In the seedling stage, the root to cap ratio of most of varieties decreases due to drought stress. The stress index based on root to cap ratio is greater than one for Kainong 1760, Kainong 176, Kainong 308, Kainong 312, Kainong 61 and Kainong 71 at the pod stage. In summary, at the reproduction stage, the growth of peanut was inhibited and the yield decreased under moderate drought stress. The drought resistance coefficient was used to evaluate the performance of different varieties under drought stress. The results showed that Kainong 61, Kainong 176 and Kainong 1760 are resistant to drought with drought resistance coefficient greater than 1. The drought resistance coefficients of the rest of varieties are less than 1. A large decrease of the drought resistance coefficient by 27% indicates that Kainong 1715 is mildly resistant to drought.

Key words: Peanut; Growth; Stress index; Drought resistance

收稿日期: 2019-10-08

基金项目: 国家花生产业技术体系(CARS-13); 河南省创新示范专项(191110110900); 开封市重大科技专项(19ZD004)

作者简介: 苗建利(1979-), 女, 副研究员, 硕士, 从事花生新品种选育及新品种、新技术示范推广工作。

通讯作者: 邓 丽, 女, 硕士, 副研究员, E-mail: dengli_1225@sina.com

花生是我国重要的油料和经济作物, 发展花生产业对于保障植物油市场安全、增加农民收入和促进农村经济发展具有重要意义。在河南省农业发展中, 花生占有举足轻重的地位。近年来, 随着全球性气候异常和生态平衡的破坏, 水资源

短缺成为全人类面临的严重生态问题^[1]。花生虽然抗旱、耐瘠、适应性强,但是,干旱直接显著影响花生的生长发育进程,甚至可以造成花生严重减产^[2],干旱造成花生减产仍占全国总产的20%以上^[3]。另外,干旱易使花生黄曲霉毒素污染加重^[4],病虫害发生频率增加^[5]。干旱已经成为制约我国花生产量与质量提高的最主要因素。

针对不同作物,干旱胁迫方面的研究很多,有学者运用苗期反复干旱胁迫法开展绿豆品种的干旱胁迫研究^[6],牟书靓等^[7]采用基于主成分分析的方法对花生种质资源苗期抗旱性鉴定与筛选,也有学者从形态结构^[8-9]、生长发育^[2,10]和生理生态^[11-12]等方面对花生的干旱适应机制进行初步研究,针对不同品种抗旱性^[13-14]也取得较大进展,近年来,在花生叶片萎蔫指数和根系发育等方面^[2-3,15-16]亦开展干旱相关方面研究。开封地区多为沙质壤土,保水性能差,干旱或浇灌不到位都会影响花生植株生长,进而影响花生产量,目前关于开封地区花生干旱逆境胁迫研究鲜有报道,因此,该研究以本单位自主培育的高油酸花生品种为试验材料,采用防雨旱棚池栽的方式模拟干旱逆境胁迫环境,从植株生长形态及其产量等性状分析,初步探讨干旱对花生植株生长的影响及不同花生品种抗旱性,旨在为开封地区高油酸花生逆境栽培提供理论支撑。

1 材料与方 法

1.1 供试材料

供试花生材料均为开封市农林科学研究院选育的高油酸花生新品种,分别为开农176^[17-18]、开农1715^[19-20]、开农61^[21]、开农71、开农1760、开农301、开农306、开农308、开农312。花生品种及类型见表1。

表1 供试花生材料品种类型

编号	品种	植物学类型	编号	品种	植物学类型
V ₁	开农176	普通型	V ₆	开农301	中间型
V ₂	开农1715	普通型	V ₇	开农306	普通型
V ₃	开农61	普通型	V ₈	开农308	中间型
V ₄	开农71	普通型	V ₉	开农312	普通型
V ₅	开农1760	中间型			

1.2 试验方法

1.2.1 试验地概况和试验设计

试验于2018年在开封市农林科学研究院防雨旱棚池栽下进行,混凝土浇筑池栽,不封底,池

面积8 m²,深度1 m,地表30 cm耕作层为沙质壤土。前茬白地,施农家肥(鹌鹑粪)0.99 kg/m²,尿素0.04 kg/m²,过磷酸钙0.07 kg/m²。

水分胁迫程度所反映的土壤含水量占土壤田间持水量的百分数设置2个水分处理:正常供水即控制整个生育期土壤含水量为田间持水量的70%~75%,中度干旱胁迫即控制土壤含水量为田间持水量的45%~50%;每个处理3次重复,随机排列。出苗后开始控水,连续控水至结荚期。土壤水分含量的测定采用称重法与TDR相结合的方法,干旱处理结束后恢复正常供水。

分别于苗期和结荚期进行取样,每个处理取5株代表性植株,调查花生主茎高、侧枝长、分枝数、各组织器官生物量及根冠比等指标,其中花生组织器官干物质重量采用烘干法测定。

1.2.2 数据分析方法

试验数据运用Excel 2007和DPS 6.5进行处理分析。为消除品种间植株性状的差异,更好地反映各品种对水分胁迫敏感性的不同,采用各指标的胁迫指数作为评价指标进行抗旱性综合评价^[22-23]。性状指标胁迫指数=干旱处理条件下的指标值/正常水分条件下的指标值;花生产量抗旱系数=干旱处理条件下的产量/正常水分条件下的产量。根冠比=根干重/(茎+叶柄+叶片+果针)干重。各处理取样荚果充分晾晒后进行称量,计算其单株产量。

2 结果与分析

2.1 花生植株生长对干旱胁迫表现适应性

2.1.1 主茎高、侧枝长和分枝数

由表2可以看出,中度土壤水分胁迫明显抑制花生植株地上部生长,主茎高明显降低,品种间表现不同。苗期主茎高胁迫指数小于1的品种有5个,占供试品种的55.6%,结荚期时达88.9%,仅有开农176主茎高胁迫指数大于1,开农1715主茎高胁迫指数等于1,可见,结荚期干旱对植株生长的影响较苗期影响大。方差分析表明,结荚期花生主茎高和侧枝长胁迫指数在品种间表现明显,主茎高胁迫指数降低较多的是开农71品种,降幅达24%;侧枝长胁迫指数降低较多的是开农1760品种,降幅达28%。表2显示,水分胁迫对各品种分枝数的影响不同且表现无明显差异,苗期水分胁迫处理使一些品种的分枝数略有增加,分枝数胁迫指数大于1的比率为44.4%,结荚期分枝数胁迫指数均小于1。从结果枝数情况来看,干

表2 不同花生品种植株性状胁迫指数

编号	苗期			结荚期			
	主茎高	侧枝长	分枝数	主茎高	侧枝长	分枝数	结果枝数
V ₁	1.34	1.25	1.07	1.20a	1.17a	0.69	1.15
V ₂	1.12	1.08	1.00	1.00ab	0.99ab	0.95	0.95
V ₃	1.10	1.00	1.01	0.89bc	0.86bc	0.82	0.90
V ₄	1.02	1.03	0.95	0.76c	0.74c	0.78	1.17
V ₅	0.85	0.88	0.91	0.87bc	0.72c	0.70	1.09
V ₆	0.87	0.85	0.87	0.83bc	0.88bc	0.72	0.91
V ₇	0.82	0.78	0.86	0.96bc	0.92bc	0.59	0.55
V ₈	0.86	0.87	1.10	0.81bc	0.78bc	0.92	0.99
V ₉	0.93	0.90	0.93	0.84bc	0.93bc	0.97	1.10

注:同列不同小写字母表示品种间差异显著($P<0.05$),下同

旱使结荚期花生结实枝数有所增加的有开农176、开农71、开农1760、开农312这4个品种。

2.1.2 生物量

由表3可知,水分胁迫使花生植株生物量胁迫指数表现不同程度降低趋势,不同品种在不同时期干旱对土壤水分胁迫的响应有所不同。苗期有77.8%以上品种地上部生物量和地下部生物量

胁迫指数小于1,仅有开农176和开农1715两个品种地上部生物量受干旱胁迫较小,其生物量胁迫指数仍高于1;结荚期66.7%以上品种地上部生物量和地下部生物量胁迫指数小于1,可见,耐旱性较强的品种受抑制程度较小。从表3可以看出,苗期水分胁迫对地上部生物量影响在品种间表现存在差异,开农306降幅较大,达42%。

表3 不同花生品种植株生物量胁迫指数

编号	苗期					结荚期				
	地上部		地下部		根冠比	地上部		地下部		根冠比
	鲜生物量	干生物量	鲜生物量	干生物量		鲜生物量	干生物量	鲜生物量	干生物量	
V ₁	1.24	1.29a	0.70	0.69	1.55	0.50	1.01	0.58	0.79	1.65
V ₂	1.04	1.14ab	0.71	0.71	0.62	0.77	1.00	1.29	0.86	0.69
V ₃	0.85	0.97abc	0.64	0.62	1.27	0.52	0.65	0.65	0.58	1.02
V ₄	0.87	0.98abc	1.04	0.84	0.92	0.55	0.87	0.75	0.90	1.01
V ₅	0.88	0.95abc	0.94	0.86	0.91	0.47	0.73	0.89	1.08	1.68
V ₆	0.74	0.79bcd	0.98	0.97	0.64	0.56	0.97	0.53	0.62	0.81
V ₇	0.52	0.58d	0.53	0.57	0.95	0.45	0.82	0.52	0.58	0.98
V ₈	0.78	0.89bcd	0.76	0.81	0.93	0.41	0.80	0.64	0.76	1.32
V ₉	0.79	0.92bcd	0.68	0.71	0.78	0.67	1.11	0.76	1.05	1.18

干旱胁迫改变植株不同器官的生长进程,特别是根冠比。根冠比是反映根系与地上部生长协调状况的重要指标,它是在环境因素与植物体内多种生理生化过程及自我适应、自我调节能力相互配合后的最终反映。本试验结果表明,土壤水分胁迫对不同花生品种的植株根冠比有不同的影响,开农176和开农61不明显,其根冠比抗旱系数大于1,其余有77.8%品种植株根冠比对水分胁迫有反应,胁迫指数均小于1,降幅在5%~38%;结荚期66.7%品种根冠比胁迫指数大于1。由此可见,多数花生品种结荚期时干旱根冠比增加,利于花生植株抗旱。

2.2 干旱对不同花生品种产量抗旱系数的影响

抗旱系数指某作物在干旱胁迫条件下的产量与正常供水条件下产量的比值,它反映不同品种遭遇干旱逆境时产量的稳定性。抗旱系数的大小在一定程度上可作为衡量品种抗旱能力强弱的指标。某一品种的抗旱系数较大,则该品种的抗旱性强,反之,抗旱系数较小,则该品种的抗旱性弱。通过对不同花生品种单株产量抗旱系数进行统计分析(表4),结果显示,开农61、开农176和开农1760品种单株产量抗旱系数均大于1,其余6个品种产量抗旱系数均小于1,其中开农1715单株产量抗旱系数降幅较大,达27%。

表4 干旱对花生产量抗旱系数的影响

编号	产量抗旱系数	编号	产量抗旱系数
V ₁	1.08	V ₆	0.72
V ₂	0.63	V ₇	0.72
V ₃	1.15	V ₈	0.92
V ₄	0.80	V ₉	0.73
V ₅	1.03		

3 结论与讨论

花生苗期生长主要以地下部生长为重心,此期适度干旱可以刺激花生根系生长,促使根系向深层土壤中伸长,能在生育后期建立较大的根系,利于提高生育后期对干旱环境的抵抗能力,但是干旱程度严重时,根系生长建成则会受到较大伤害,表现为生长缓慢、吸收活性降低等^[24-25]。本试验发现,中度土壤水分胁迫有效抑制花生植株地上部生长,苗期中度干旱对花生植株生长影响不大,随着干旱时间的延长,结荚期花生生长缓慢,较苗期影响严重。结荚期主茎高胁迫指数降低较多的是开农71,降幅达24%;侧枝长胁迫指数降低较多的是开农1760,降幅达28%。

研究表明,土壤在逐渐干旱过程中植物根系水势和膨压减小,会导致皮层细胞收缩,根长和根冠比增大^[26]。Smucker等^[27]研究发现,在水分胁迫下,植株根系和地上部生长同时受到抑制,但光合产物优先分配给根系,根冠比加大;反之,则根冠比减小。植物根冠比的变化是衡量生物量分配比例受干旱影响程度的重要指标。本试验结果显示,苗期时土壤水分胁迫降低大多数品种植株根冠比,结荚期66.7%品种根冠比胁迫指数大于1,根冠比增加,增强花生植株抗旱性,这一研究结论与张大勇等^[28]研究结果相似,干旱下根冠比均随干旱加剧而增大,较大的根冠比有利于植物抗旱。在苗期和结荚期,有88.9%花生品种根冠比对土壤干旱的响应均呈增大趋势。

有学者在田间干旱条件下,通过灌溉水分控制对花生品种进行生育后期抗旱性鉴定,结果表明,不同花生品种抗旱性存在显著差异^[29]。作物的抗旱性是由多种因素综合作用的结果,既受多种遗传基因的控制,又受环境条件的影响,不同作物或同一作物不同品种存在着不同的抗旱机制,一种作物或品种往往也具有几种机制共同作用的抗旱性^[30]。本试验开展的花生抗旱形态特征及品种抗旱性调查研究,结果仅是一年田间观测

试验得出,为了更好地探讨花生品种的抗旱机制,需进一步将花生主要农艺性状表现、生理生化指标以及产量指标相结合,依据花生不同生育时期对水分需求,设置不同的水分胁迫时期,开展多年试验,从而可以提高花生表型性状指标的稳定性和重复性,同时将地上部与地下部生长协调性做相关分析,来探讨不同生育时期花生的抗旱能力,从而综合评定花生品种抗旱性。

参考文献:

- [1] 邵艳军, 山 仑. 植物耐旱机制研究进展[J]. 中国生态农业学报, 2006, 14(4): 16-20.
- [2] 姜慧芳, 任小平. 干旱胁迫对花生叶片 SOD 活性和蛋白质的影响[J]. 作物学报, 2004, 30(2): 169-174.
- [3] 高国庆, 周汉群. 花生品种抗旱性鉴定[J]. 花生学报, 1995(3): 7-9, 15.
- [4] L J Reddy, 张建成. 国际半干旱所的花生抗旱育种进展[J]. 种子, 1996(5): 62.
- [5] 王育红, 姚宇卿, 吕军杰, 等. 花生抗旱指标研究初报[J]. 干旱地区农业研究, 2002, 20(3): 89-92.
- [6] 徐 宁, 王明海, 包淑英, 等. 18份绿豆品种资源苗期耐旱性鉴定[J]. 吉林农业科学, 2015, 40(6): 17-20.
- [7] 牟书靓, 李玉发, 牛海龙, 等. 基于主成分分析的花生种质资源苗期抗旱性鉴定与筛选[J]. 吉林农业科学, 2015, 40(6): 26-30, 69.
- [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] 严美玲, 李向东, 林英杰, 等. 苗期干旱胁迫对不同抗旱花生品种生理特性、产量和品质的影响[J]. 作物学报, 2007, 33(1): 113-119.
- [10] 严美玲, 矫岩林, 李向东, 等. 苗期灌水量对花生生理特性和产量的影响[J]. 应用生态学报, 2007, 18(2): 347-351.
- [11] 刘吉利, 赵长星, 吴 娜, 等. 苗期干旱及复水对花生光合特性及水分利用效率的影响[J]. 中国农业科学, 2011, 44(3): 469-476.
- [12] Akcay U C, Ercan O, Kavas M, et al. Drought-induced oxidative damage and antioxidant responses in peanut (*Arachis hypogaea* L.) seedlings[J]. Plant Growth Regulation, 2010, 61(1): 21-28.
- [13] Painawadee M, Jogloy S, Kesmla T, et al. Identification of Traits Related to Drought Resistance in Peanut (*Arachis hypogaea* L.)[J]. Asian Journal of Plant Sciences, 2009, 8(2): 120-128.
- [14] 谭 忠, 朱新亮, 刘文霞, 等. 花生种质资源抗旱性鉴定及综合利用评价[J]. 中国油料作物学报, 1997, 19(4): 73-75.
- [15] 张智猛, 万书波, 戴良香, 等. 花生萌芽期水分胁迫品种适应性及抗旱性评价[J]. 干旱地区农业研究, 2009, 27(5): 173-182.
- [16] 姜慧芳, 任小平, 段乃雄, 等. 几个龙生型花生的耐旱形态性状研究[J]. 中国油料作物学报, 2001, 23(1): 12-16.
- [17] 任 丽, 谷建中, 邓 丽, 等. 高产高油酸花生品种开农176的选育[J]. 中国种业, 2016(4): 59-60.
- [18] 任 丽, 谷建中, 邓 丽, 等. 高产高油酸花生品种开农176的选育[J]. 花生学报, 2016, 45(1): 68.

- [19] 李阳,姚潜,任丽,等.花生新品种开农1715选育及丰产性稳产性分析[J].农业科技通讯,2017(6):280-281.
- [20] 李阳,邓丽,任丽,等.花生新品种开农1715的特征特性及栽培技术要点[J].中国种业,2016(11):75-76.
- [21] 王培云.高油酸高脂肪花生新品种开农61的选育及高产稳产性分析[J].农业科技通讯,2014(9):229.
- [22] 陈志德,俞春涛,谢吉先,等.江苏省花生生产的特点和发展对策[J].江苏农业科学,2010(5):30-31.
- [23] 李贵全,李慧峰,张海燕,等.大豆花荚期抗旱性的鉴定与综合评价[J].中国生态农业学报,2007,15(6):96-100.
- [24] 姚君平,罗瑶年,杨新道,等.早、中熟花生不同生育阶段土壤水分亏缺对植株生育和产量的影响[J].花生科技,1985(2):1-8.
- [25] 苗锦山,王铭伦.水分胁迫对花生生长发育影响的研究进展[J].花生学报,2003,32(S1):368-371.
- [26] 金不换,陈雅君,吴艳华,等.早熟禾不同品种根系分布及生物量分配对干旱胁迫的响应[J].草地学报,2009,17(6):813-816.
- [27] Smucker A, Aiken R M. Dynamic root responses to water deficits[J]. Soil Science, 1992, 154(4): 281-289.
- [28] 张大勇,姜新华,赵松岭,等.半干旱区作物根系生长冗余的生态学分析[J].西北植物学报,1995,15(5):110-114.
- [29] 尤淑丽,崔雪艳,于国庆,等.花生种质抗旱性鉴定技术初步研究[J].东北农业科学,2016,41(4):14-17.
- [30] 张智猛,戴良香,宋文武,等.不同花生基因型对干旱胁迫的适应性[J].中国油料作物学报,2012,34(4):377-383.

(责任编辑:王昱)

(上接第3页)

3 结论与讨论

不施肥产量最低,单施氮肥增产效果显著,氮磷配施增产效果最好,氮磷钾配施产量略高于氮磷配施,氮磷钾配施施肥量越大,产量越高。不同处理的淀粉产量结果和籽粒产量结果基本一致。

玉米在灌浆过程中,单施氮肥较不施肥的籽粒淀粉含量和蛋白质含量均提高,说明施用氮肥可有效提高产量和品质;氮磷配施较单施氮肥前期淀粉含量提高、后期降低,说明磷肥可加快淀粉的积累速度;氮磷钾配施较氮磷配施脂肪含量提高,淀粉含量和蛋白质含量降低,说明钾肥对脂肪的积累有促进作用;低肥使淀粉、脂肪和蛋白质含量在灌浆前期大幅提高,说明低肥可加快灌浆速度;高肥使淀粉含量提高,但蛋白质含量和脂肪含量前期提高、后期降低,说明高肥可促进淀粉的积累,且前期促进蛋白质和脂肪的积累。

从经济效益考虑,目前最佳的施肥方案为氮15 kg/667 m²,五氧化二磷7.5 kg/667 m²,同时还要注意土壤中速效钾的含量变化,如果降低,要注意配施钾肥。

参考文献:

- [1] 王振华,亢伟民,张新.高淀粉玉米及其开发利用[J].玉米科学,2002,10(3):90-92.
- [2] 王建国.“三高”玉米的研究开发概况[J].辽宁农业科学,2001(5):35-38.
- [3] 李新华,李泉木.我国玉米深加工产业的现状、存在问题及其解决对策[J].沈阳农业大学学报,1999(2):137-139.

- [4] 李彩凤.增铵营养对玉米品质影响初探[J].玉米科学,2003,11(3):82-84.
- [5] 谷明光,黄克虎.重视工业专用型高淀粉玉米品种的选育[J].玉米科学,2002,10(1):24-25.
- [6] 刘文成,王景顺,马瑞霞.不同播期对郑单18玉米产量的影响[J].河南农业科学,2003(6):8-10.
- [7] 张新,王振华,宋中立,等.不同产量水平下郑单18号不同种植密度与产量及其构成因素关系的研究[J].中国农学通报,2004(2):86-87.
- [8] 王振华,张新,刘文成,等.高产高淀粉玉米新品种郑单18生态适应性研究[J].种子,2003(5):4-5.
- [9] 周芸,李永梅,范茂攀,等.有机肥等氮替代化肥对红壤团聚体及玉米产量和品质的影响[J].作物杂志,2019(4):125-132.
- [10] 殷大伟,金梁,郭晓红,等.生物炭基肥替代化肥对砂壤土养分含量及青贮玉米产量的影响[J].东北农业科学,2019,44(4):19-24.
- [11] 李波,史文璐.氮磷钾配比对玉米干物质积累、产量、品质的影响[J].江苏农业科学,2016,44(2):85-89.
- [12] 徐艳荣,孙发明,仲义,等.种植密度对玉米商品品质的影响[J].吉林农业科学,2013,38(2):1-3.
- [13] 姜涛.氮肥运筹对夏玉米产量、品质及植株养分含量的影响[J].植物营养与肥料学报,2013,19(3):559-565.
- [14] 王春虎,陈士林,董娜,等.华北平原不同施氮量对玉米产量和品质的影响研究[J].玉米科学,2009,17(1):128-131.
- [15] 李建奇.氮、磷营养对黄土高原旱地玉米产量、品质的影响机理研究[J].植物营养与肥料学报,2008,14(6):1042-1047.
- [16] 周超,马宝新,刘海燕,等.增密减氮对嫩单18产量和氮素利用率的影响[J].东北农业科学,2019,44(2):7-12.
- [17] 方向前,闫伟平,付稀厚,等.不同施肥量下玉米去留分蘖对产量及构成因素的影响[J].东北农业科学,2016,41(2):9-12.
- [18] 南京农学院.田间试验与统计方法[M].北京:农业出版社,1978:175-181.

(责任编辑:刘洪霞)