

不同施氮水平下净、套作大豆茎秆特征比较研究

陈小林, 杨文钰, 陈忠群, 王晶晶

(四川农业大学 农学院, 四川 雅安 625014)

摘要:在“玉/豆”模式下,研究了不同施氮水平和套作条件下大豆的茎秆特征。结果表明:套作大豆主茎高度显著高于净作大豆,而茎粗和主茎节数差异不显著。净、套作大豆各节间长度呈“降-升-降”的趋势,套作大豆最长节间出现在第9节,比净作大豆最长节间节位点低了2节。与净作大豆相比,套作大豆第7节间长度增加最大,为2.2 cm ($F=240.56^{**}$, $P=0.0001$),增加幅度达到61.24%。不同施氮水平下,各节间长度均呈“降-升-降”的趋势,且最长节间位置没有改变。说明套作大豆比净作大豆更容易倒伏的原因是节间长度大幅度的增长和最长节间下移;施氮是影响大豆节间长度的一个因素,但套作条件是使大豆最长节间位置改变的主要原因;防控套作大豆旺长以及茎部倒伏的最佳时期在7节期以前。

关键词:净、套作大豆;施氮水平;茎秆特征

中图分类号:S565.1

文献标识码:A

文章编号:1000-9841(2011)01-0101-04

Characteristics of Stem between Sole-cropping and Relay-cropping Soybean under Different Nitrogen Applied Levels

CHEN Xiao-lin, YANG Wen-yu, CHEN Zhong-qun, WANG Jing-jing

(College of Agronomy, Sichuan Agricultural University, Ya'an 625014, Sichuan, China)

Abstract: Soybean is prone to lodging and overgrowth in the “maize/soybean” relay-cropping pattern. The characteristics of soybean stem is studied by creating high nitrogen and shaded environment using different nitrogen levels (0, 40, 60, 80, 120 and 160 kg · ha⁻¹) and intercropping conditions, which is relatively easy to result in overgrowth and lodging. The results indicated that the stem height of relay-cropping soybean (RCS) was significantly higher than that of sole-cropping soybean (SCS), but no significant differences between the stem diameter and the main stem node number were observed. Whether SCS or RCS, in the direction of morphology, the length of nodosity stem showed as “down-up-down”, the longest nodosity stem of RCS appeared in the 9th section, which was two sections lower than that of the SCS. Compared with the SCS, the largest increase of nodosity stem of RCS appears at the 7th section, as 2.2 cm ($F=240.56^{**}$, $P=0.0001$), the increase extent reaches up to 61.24%. With gradually increase of nitrogen levels, the nodosity stem showed as “down-up-down”, and no changes were found at the positions of longest nodosity stem. It indicated that the reason why RCS was easier to lodge than SCS was that length of nodosity stem increased significantly and the longest nodosity stem moved downward. Although N is a factor to influence soybean nodosity stem, the reason for the change of the longest nodosity stem positions was in the “maize/soybean” relay-cropping pattern. The best time to control the overgrowth and stem lodging of RCS was before the 7th node period.

Key words: Relay-cropping; Sole-cropping; Nitrogen level; Characteristics of stem

“玉/豆”模式是西南地区大豆种植的主要方式之一,受玉米遮阴以及夏旱、伏旱过后季节性雨水偏多的影响,套作大豆旺长在生产中特别突出,其实质是大豆营养生长和生殖生长失调,营养物质过多地供应营养器官,导致生殖器官生长不良。目前大部分关于旺长的研究,都是针对小麦展开的,而大豆上的相关研究还比较少,大豆旺长的判断指标尚未建立。倒伏是大豆生产上比较突出的问题,长期以来受到专家、学者的广泛关注^[1-2]。大豆的倒

伏有根部倒伏和茎部倒伏2种,其中茎部倒伏主要是由于主茎节间较长较细,难以负荷上部重量,遇到风雨发生弯曲而造成的^[3]。2008年仅吉林省就有60%以上的田块发生了不同程度的倒伏^[4]。西南地区的套作大豆倒伏程度更高,然而套作大豆茎秆特征与倒伏的关系却鲜有报道。

生产上旺长的基本表现是植株高大、茎叶繁茂,植株营养生长较生殖生长过旺^[4]。在肥水过多、光照不足的情况下,旺长容易发生。任丽等^[5]

收稿日期:2010-08-01

基金项目:公益性行业(农业)科研资助项目(200803028);大豆产业技术体系专项资助项目(nycytx-004)。

第一作者简介:陈小林(1985-),男,在读硕士,从事植物生理与栽培的研究。E-mail:goshawk2004@163.com。

通讯作者:杨文钰(1958-),男,教授,博士生导师,主要从事作物生理学和栽培学研究。E-mail:wenyu.yang@263.net。

也指出,氮肥过多,水分过多,光照不足等都是花生旺长的外因。茎秆作为大豆株型构成的骨架,其特征的变化是对植株旺长最直接的反映。在“玉/豆”模式下,随着玉米冠层的生长,大豆冠层的透光率逐渐降低^[6]。前期光照不足,对大豆形态特征,特别是茎秆特征产生了一定的影响。Umezaki 等^[7]研究认为,在大豆苗期进行遮光处理,使光强减少 40%~50%,植株高度从 46.9 cm 增加到 57.0 cm。梁镇林^[8]也发现,间作大豆的株高普遍高于单作大豆。陈怀珠等^[9]研究发现,间作条件下大豆茎粗变异极显著,而主茎节数变异不显著。可见,弱光及施肥对大豆农艺性状影响的研究主要集中在株高、茎粗等方面,关于大豆主茎高度以及不同节位节间长度变化的研究还鲜有报道,而研究具体节位节间长度的变化,有利于解释套作大豆旺长和茎部倒伏。为此,试验创造了一个大豆容易旺长和倒伏的高肥、弱光环境,对不同施氮水平下净、套作大豆茎秆特征进行比较,以期对套作大豆旺长及茎部倒伏提供一定的理论解释并找出预防大豆旺长和茎部倒伏的最佳时期。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于 2009 年 6 月上旬至 10 月底在四川农业大学科技园区进行。供试玉米选用川单 418(春播,全生育期 119 d 左右,株型紧凑,株高 269 cm);供试大豆选用贡选 1 号(晚熟,生育期 130 d 左右,由自贡农科所选育);供试氮肥为尿素(含氮量 46%);供试土壤为重壤,肥力情况为($g \cdot kg^{-1}$):全氮 1.33,全磷 0.88,全钾 27.2,有机质 28.8,碱解氮 69.79,速效磷 25.9,速效钾 69.8,pH6.45。

试验采用 30×30 cm 的塑料盆种植大豆,播种时将盆栽放置于玉米行间,模拟大田套作大豆生产。玉米密度 4.5×10^4 株 $\cdot hm^{-2}$,大豆与玉米幅宽均为 1 m。裂区试验设计,主因素为套作和净作 2 种栽培方式(分别用 A1、A2 表示);副因素为施氮量,施纯氮分别为 0、40、80、120 和 160 $kg \cdot hm^{-2}$ (分别用 B1~B5 表示)。氮肥用尿素(含氮量 46.3%),分别于播种前和初花期按 1:1 比例进行施肥。玉米 4 月 3 日播种,8 月 5 日收获,大豆 6 月 6 日播种,10 月 25 日收获,其它管理同大田生产。

1.2 测定项目与方法

田间观察,记录大豆各生育时期,计算大豆全生育期以及和玉米的共生期天数。分别于五节期(V5)、始花期(R1)、始荚期(R3)、鼓粒期(R5)、满粒期(R6)和生理成熟期(R7),定株测定植株的主茎高度、茎粗、主茎节数和主茎各节间长度。

1.3 数据分析

用 Microsoft-Excel 2003 和 DPS 7.05 进行数据统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同施氮水平下净、套作大豆主茎高度的差异

受到前期玉米遮阴以及施氮的影响,大豆主茎高度发生了一定的变化。从图 1 可以看出,套作大豆与净作大豆在主茎高度方面表现出了差异,各施氮处理下套作大豆主茎高度比净作大豆增加 14.57 cm($F=105.13^{**}$)。净作大豆主茎高度随着施氮量的增加呈先增加后减小的趋势,施氮量达到 120 $kg \cdot hm^{-2}$ 时,主茎高度达到最大值 63.67 cm,显著高于对照;而套作大豆主茎高度随着施氮量的增加有先减小后增加的趋势,施氮量达到 120 $kg \cdot hm^{-2}$ 后,主茎高度不再随着施氮量的增加而增加,但各施氮处理间的主茎高度差异不显著。

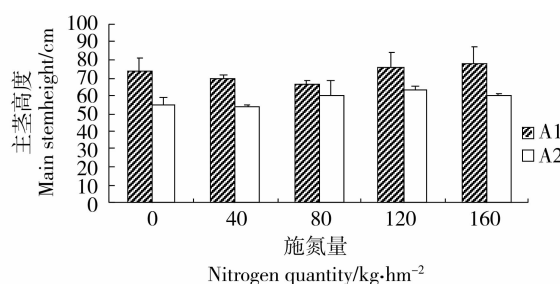


图 1 不同施氮水平下主茎高度的变化

Fig. 1 Changes of main stem height under different nitrogen levels

2.2 不同施氮水平下净、套作大豆茎粗的差异

茎粗是反映植株粗壮程度的指标,茎粗越大,植株越壮,植株抗倒伏能力就越强。从图 2 可以看出,套作大豆茎粗有随着施氮量的增加先增加再减小的趋势,施氮量在 120 $kg \cdot hm^{-2}$ 时,茎粗达到 0.91 mm,比对照高出 14.60%;而净作大豆茎粗则表现出相对平稳的增加。显著性检验结果表明套作大豆和净作大豆茎粗之间差异不显著($F=0.18$),各施氮处理之间差异也不显著($F=1.68$)。

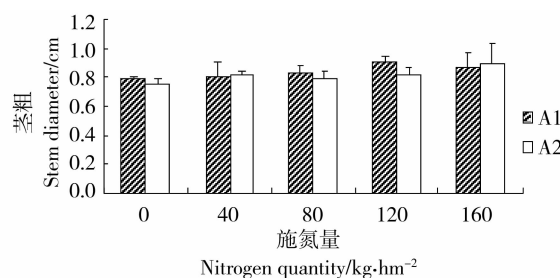


图 2 不同施氮水平下茎粗的变化

Fig. 2 Changes of stem diameter under different nitrogen levels

2.3 不同施氮水平下净、套作大豆主茎节数的差异

从图 3 可以看出,随着施氮量的增加,套作大豆主茎节数有先减小后增加的趋势,但各处理间差异不显著。净作大豆主茎节数随着施氮量的增加

而增加,高氮处理主茎节数(19 节)显著多于低氮处理(16 节),但是与中氮处理差异不显著。套作大豆与净作大豆主茎节数在中低氮水平下差异也不显著。

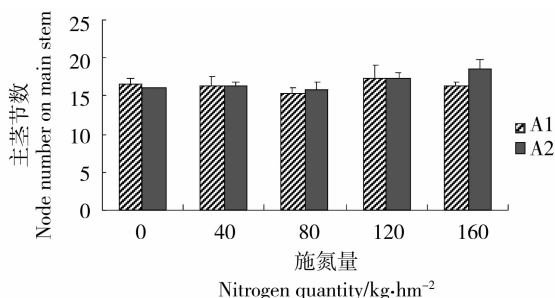


图3 不同施氮水平下主茎节数的变化

Fig.3 Changes of node number on main stem under different nitrogen levels

2.4 不同施氮水平下净、套作大豆主茎节间长度

大豆植株主茎高度由主茎节数和各节间的长度共同决定。从图1和图4可以看出,套作大豆主茎高度比净作大豆高,分别比较每一节间长度可以看到,并非套作大豆每一节都比净作大豆相应的节间长,而只是其中某些节位节间发生了增长。

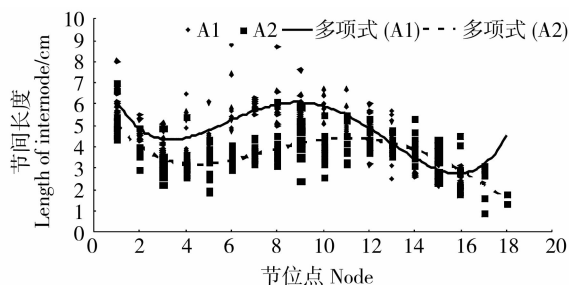


图4 主茎节间长度的函数拟合

Fig.4 Function fitting of main stem length

净、套作大豆各节间长度呈“降-升-降”的趋势(图4),分别对套作和净作大豆主茎节间长度进行数学函数拟合,得到关于节位点(x)和节间长度(y)的拟合方程:A1(套作) $y_1 = 0.0016x^4 - 0.0609x^3 + 0.7253x^2 - 3.0543x + 8.5122$, $R^2 = 0.6232$; A2(净作) $y_2 = 0.0004x^4 - 0.0224x^3 + 0.3502x^2 - 1.9478x + 6.6795$, $R^2 = 0.4577$ 。从拟合的函数可以看出,套作大豆在第1节和第9节附近有极大值,净作大豆则在第1节和第11节附近有极大值。利用方差分析和拟合函数方程计算可以得到,套作大豆第7节间长度比净作大豆长2.2 cm ($F = 240.56^{**}$, $P = 0.0001$),增加幅度为61.24%;自第9节以后,净、套作大豆节间长度差异逐渐减小,最终消失。

分别对不同施氮水平下净、套作大豆节间长度之间的关系作数学函数方程拟合,得到不同施氮水平下大豆节位点与主茎节间长度的数学函数拟合方程,如表1。分别计算表1中各函数方程的极值和差值,结果表明施氮量对套作大豆第1、7及其附

近节间长度影响最大,对净作大豆第1、11及其附近节间长度影响最大。不同施氮水平下,各茎节长度均呈“降-升-降”的趋势。随着施氮量的增加,套作大豆第7节间长度分别比对照增加了-1.90%,-2.93%,2.64%,12.74%;净作大豆第11节间长度分别比对照增加了-4.74%,22.37%,36.14%,23.07%。

表1 不同施氮水平下大豆主茎节间长度的函数拟合

Table 1 Function fitting of main stem length under different nitrogen levels

套作 Relay-cropping	净作 Sole-cropping
$y_1 = -0.007x^3 + 0.155x^2 - 0.889x + 6.444$, $R^2 = 0.603$	$y_1 = -0.007x^3 + 0.192x^2 - 1.301x + 5.737$, $R^2 = 0.853$
$y_2 = -0.008x^3 + 0.198x^2 - 1.243x + 7.008$, $R^2 = 0.653$	$y_2 = -0.005x^3 + 0.123x^2 - 0.809x + 4.866$, $R^2 = 0.872$
$y_3 = -0.012x^3 + 0.294x^2 - 1.961x + 8.741$, $R^2 = 0.722$	$y_3 = -0.007x^3 + 0.191x^2 - 1.299x + 6.042$, $R^2 = 0.792$
$y_4 = -0.009x^3 + 0.199x^2 - 1.222x + 7.281$, $R^2 = 0.622$	$y_4 = -0.004x^3 + 0.102x^2 - 0.706x + 5.115$, $R^2 = 0.539$
$y_5 = -0.004x^3 + 0.069x^2 - 0.141x + 5.302$, $R^2 = 0.645$	$y_5 = -0.007x^3 + 0.165x^2 - 1.001x + 5.184$, $R^2 = 0.695$

3 讨论

3.1 净、套作大豆茎秆特征的差异

受到玉米遮阴及施氮的影响,大豆的茎秆特征有了明显的变化。主茎高度方面,受到弱光的诱导,套作大豆的主茎高度明显增加,这与前人的研究基本一致^[6-7]。在茎粗和主茎节数方面,套作大豆与净作大豆不存在明显差异,不同施氮水平下的茎粗和主茎节数的差异不显著,这与刘玉平等^[10]的研究一致,但与胡晨^[11]、章建新^[12]等的结果略有不同。杨庆凯认为,倒伏不是由于节数增加,而是株高增加、节间长度增加的结果^[13]。该研究认为,套作大豆主茎高度显著增加,茎粗和主茎节数没有明显的变化;同时随着施氮量的增加,套作大豆主茎高度在一定范围内增加,主茎节数差异不大,节间长度增加;而净作大豆主茎高度在一定范围内保持稳定,主茎节数有所增加,说明套作大豆比净作大豆更容易倒伏,同时施氮在一定程度上会增加倒伏的可能,这与田间观察到的实际情况相符。

王曙明^[4]认为,在雨水过多、高温寡照的年份大豆容易发生徒长,从而造成倒伏。套作条件下大豆容易旺长,根冠比、以及茎上下部生长失调,植株更容易倒伏。谢甫锦等^[2]认为,大豆植株倒伏可以使节间伸长,株高增加,分枝减少,干物质分配失调,营养器官分配过多,而繁殖器官分配较少。该

试验表明,节间伸长,株高增加,营养生长和生殖生长失调,也可能导致植株倒伏,而节间伸长,株高增加,营养生长和生殖生长失调正好也是旺长的特征。可见,植株的倒伏和旺长是相互联系、相辅相成的。

3.2 茎秆特征与植株旺长、倒伏的关系

茎秆作为大豆植株的构成骨架,其特征影响着大豆的营养生长和生殖生长,而旺长和倒伏正是大豆营养生长与生殖生长失调引起的。周蓉等^[14]研究认为,茎秆强度对抗倒指数的直接效应最大。主茎节点的密度越大,单位长度内,节数越多,节间越短,茎秆的密度越大,强度也就越强。所以,节间长度成了决定茎秆强度的最重要因素,也是影响植株倒伏的重要因素。从试验结果来看,净、套作大豆各节间长度呈现S型变化趋势,这与杜吉到等^[15]研究结果一致。净作大豆最长节间在第11节,而套作大豆最长节间在第9节,并且都处在50 cm的空间高度。换言之,净、套作大豆茎秆强度最小点在空间高度上是一致的,而套作大豆的主茎高度却显著高于净作大豆,说明套作大豆比净作大豆容易发生茎部倒伏。

对照大豆的生育时期记录可以发现,玉米收获时大豆处于初花期,大豆最长节间出现时间在玉米收获之前,而玉米收获之后大豆新生的节间,长度减小,且净、套作大豆之间差异不明显。说明套作大豆主茎高度显著大于净作大豆确实是玉米遮阴引起的,同时套作大豆主茎高度显著大于净作大豆的主要原因是套作大豆在第7节以及附近节位的节间长度发生了大幅度增加。净、套作大豆最长节间的位置均没有随着施氮量的增加而改变,同时高氮处理下套作大豆的第7节和净作大豆第11节分别比对照高出了12.74和36.14个百分点。说明施氮是影响大豆节间长度的一个因素,但没有改变大豆最长节间的空间顺序和位置,玉米遮阴才是造成大豆最长节间下移的原因。由此可以推断,套作大豆的旺长,可能与其第7节以及附近节位节间长度的大幅度增加有关。因此,对套作大豆进行控旺处理,预防套作大豆茎部倒伏,关键在于防止大豆最长节间的下移,最佳时期在7节期以前。

参考文献

- [1] 谢甫绶,董钻,王晓光,等. 大豆倒伏对植株性状和产量的影响[J]. 大豆科学,1993,12(1):81-85. (Xie F T, Dong Z, Wang X G, et al. Effects of lodging on vegetative characters and yield of soybean[J]. Soybean Science,1993,12(1):81-85.)
- [2] 王大秋,彭宝,牛建光. 大豆倒伏的预测方法和预测技术措施[J]. 大豆通报,1996(4):3-5. (Wang D Q, Peng B, Niu J G. Forecast methods and forecast technical measures on soybean lodging[J]. Soybean Bulletin,1996(4):3-5.)
- [3] 王曙明. 大豆倒伏问题应引起高度重视[J]. 大豆科技,2009(1):7. (Wang S M. The problem of soybean lodging should pay close attention to[J]. Soybean Science & Technology,2009(1):7.)
- [4] Ladha J K, Pathak H, Krupnik T J, et al. Efficiency of fertilizer nitrogen in cereal production: Retrospects and Prospects[J]. Advances in Agronomy,2005,87:85-156.
- [5] 任丽,李绍伟,金建猛,等. 花生旺长原因分析及防止措施[J]. 陕西农业科学,2006(1):127,137. (Ren L, Li S W, Jin J M, et al. The cause and preventing measures for peanut flourishing[J]. Shaanxi Agricultural Sciences,2006(1):127,137.)
- [6] Foroutan-pour K, Dutilleul P, Smith D L. Soybean canopy development as affected by population density and intercropping with corn; Fractal analysis in comparison with other quantitative approaches[J]. Crop Science,1999,39:1784-1791.
- [7] Umezaki T, Yoshida T. Effect of shading on the internode elongation of late maturing soybean[J]. Journal of the Faculty of Agriculture,1992,36:267-272.
- [8] 梁镇林. 单间作条件下大豆经济性状的变异及相关分析[J]. 山地农业学报,1999,18(5):277-282. (Liang Z L. The differences and correlation of economic traits between sole cropping and intercropping soybean[J]. Journal of Mountain Agriculture and Biology,1999,18(5):277-282.)
- [9] 陈怀珠,孙祖东,杨守臻,等. 荫蔽对大豆主要性状的影响及大豆耐荫性鉴定方法研究初报[J]. 中国油料作物学报,2003,25(4):78-82. (Chen H Z, Sun Z D, Yang S Z, et al. Effects of shade stress on the main characters for soybean and preliminary report of studies on identification methods of shade tolerance[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences,2003,25(4):78-82.)
- [10] 刘玉平. 不同密度与施氮水平对高油大豆产量及品质的影响[D]. 通辽:内蒙古民族大学,2009. (Liu Y P. Effects of different densities and N-fertilizer levels on yield and quality of high-oil soybean[D]. Tongliao: National University of The Inner Mongolia, 2009.)
- [11] 胡晨,黄志平,张丽亚,等. 氮肥施用对杂交大豆生育特性及产量的影响[J]. 安徽农业科学,2007,35(22):6745-6746. (Hu C, Huang Z P, Zhang L Y, et al. Effects of nitrogen fertilizer application on the development characteristics and yield of hybrid soybean[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences,2007,35(22):6745-6746.)
- [12] 章建新,李宁,薛丽华,等. 氮肥对菜用大豆产量和品质的影响[J]. 新疆农业大学学报,2007,30(1):6-10. (Zhang J X, Li N, Xue L H, et al. Effect of nitrogen fertilizer on yield and quality of vegetable soybean[J]. Journal of Xinjiang Agricultural University,2007,30(1):6-10.)
- [13] 刘春全,毕一立,王孝忠,等. 大豆农艺性状与籽粒产量关系研究进展[J]. 现代农业科技,2009(23):39-40. (Liu C Q, Bi Y L, Wang X Z, et al. Soybean agronomic traits and grain yield research evolution[J]. Modern Agricultural Science and Technology,2009,23:39-40.)
- [14] 周蓉,王贤智,张晓娟,等. 大豆种质倒伏抗性评价方法研究[J]. 大豆科学,2007,26(4):484-489. (Zhou R, Wang X Z, Zhang X J, et al. Evaluation method of lodging resistance in soybean germplasm[J]. Soybean Science,2007,26(4):484-489.)
- [15] 杜吉到,杜汝军,郑殿峰,等. 不同密度下大豆茎部性状生长发育规律的研究[J]. 黑龙江八一农垦大学学报,2006,18(3):1-4. (Du J D, Du R A, Zheng D F, et al. Research on the growth of soybean stem characters in different densities[J]. Journal of Heilongjiang August First Land Reclamation University,2006,18(3):1-4.)