

冀南地区不同产量类型夏大豆根系空间分布变化

刘莹¹, 张孟臣², 杨春燕²

(1. 河北工程大学 农学院, 河北 邯郸 056038; 2. 河北省农林科学院 粮油作物研究所, 河北 石家庄 050031)

摘要:以在冀中南地区夏播表现相对高产和低产的共15个大豆品种为材料,分别自出苗后18、30、45和65 d,测定大田不同土层根系形态和生理指标,探讨大豆产量与根系性状之间的关系。结果表明:随生育进程,不同产量类型大豆根系在土层中的动态分布不同,在生长中后期,相对低产品种的根鲜重、根长、根表面积趋向于集中在浅层,而相对高产品种的根系性状在深层比例增加,同时相对高产品种的根系活力在较深土层内亦显著高于相对低产品种。深层根系性状及相对值表现出与产量较高的相关性,特别是10~20 cm土层内各根系性状的相对值与产量的相关性均达极显著。高产品种根系性状表现的空间分布特点可能是其在旺盛生长过程中抗御表层土壤养分匮乏的风险,从而保持根系较长功能期,最终获得高产的重要原因之一。

关键词:夏大豆;产量类型;根系性状

中图分类号:S565.1

文献标识码:A

文章编号:1000-9841(2010)01-0046-04

Root Traits Spatial Distribution of Different Yield Level Summer Soybean in the South of Hebei Province

LIU Ying¹, ZHANG Meng-chen², YANG Chun-yan²

(1. Academy of Agronomy, Hebei University of Engineering, Handan 056038, Hebei; 2. Institute of Cereal and Oil Crop, Hebei Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Shijiazhuang 050031, Hebei, China)

Abstract: For probing into the relation between seed yield and root trait in soybean, fifteen summer soybean varieties with relative higher and lower yields in mid-south of Hebei province were used for researching on spatio-temporal root traits in field. At 18, 30, 45, 65 days after seeding, the root morphological and physiological traits were obtained with root-drill. Results showed that during middle-later growth time, the root fresh weight, root total length and root areas of relative low yield varieties centralized in surface soil layer, but being more even in different soil layer in that with relative high yield. The root reduce activity of relative high yield varieties were higher evidently than that of relative low yield varieties. The root traits and their relative values in deep soil layer had higher relativity with yield, and especially in 10~20 cm soil layer all root traits relative values showed significant difference at the 0.01 probability level between two yield types. The spatial distribution variation of root traits in high yield varieties could resist venture of soil nutrition short during their vigorous growth time and kept longer functional period of root, possibly being one of the important reasons of taking the high grain yield.

Key words: Summer soybean; Yield type; Root trait

大豆作为油脂、蛋白质及保健活性物质的重要来源以及食品、饲料等多种加工工业的原料,发展潜力巨大。随着国民经济的发展和人民生活水平的提高,大豆的需求量急剧增加,供求矛盾日益突出。目前扩大大豆种植面积的潜力有限,而提高单产还有很大空间和潜力,因此通过培育高产大豆品种进而增加大豆产量是提高国产大豆竞争力的主要途径^[1]。

根系在作物产量形成过程中的作用至关重

要^[2]。已有很多关于大豆产量与根系关系的研究,傅金民等^[3]指出,大豆生育中前期良好的根系生长对提高产量有积极作用。Pantalone^[4]、金剑等^[5]对不同生态地区的高产类型根系形态进行了研究,认为高产品种具有更为发达的根系,其根量、根长等形态指标均超过低产类型品种。杨秀红等^[6]采用盆栽试验,研究了不同年代大豆品种根系性状演变趋势,发现不同年代大豆品种根系性状存在差异,品种根系的演化向根重增加、根体积扩大、根表面积增

收稿日期:2009-10-08

基金项目:河北省自然科学基金资助项目(C2008000721)。

第一作者简介:刘莹(1966-),女,副教授,博士,现主要从事大豆遗传育种研究。

加和侧根长度增长的方向发展。根系在土壤中的分布与产量的变化密切相关,田间观察更能反映根系与产量之间的关系^[7]。但关于不同生育时期不同土层深度根系的发展变化与产量相关性的研究鲜有报道,该文以黄淮地区不同产量类型大豆品种为材料,研究其大田根系空间分布变化特征,为探讨大豆高产类型根系的形成特征及改进栽培措施提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于 2008 年在河北邯郸农科院试验农场进行,选取在当地表现相对高产和相对低产的品种为材料。相对高产品种:石豆 411、冀豆 12、邯豆 4 号、中黄 4 号、冀豆 15、邯豆 5 号、齐黄 28、沧豆 4 号、冀豆 17;相对低产品种为:豫豆 2 号、冀豆 7 号、中黄 18、鲁豆 4 号、早熟 6 号、胜利 3 号。

随机区组排列,5 行区,行长 3 m,行距 50 cm,6 次重复。在中间 2 行分别于出苗后 18、30、45、65 d 4 个时期取样。使用自制根钻,内径 7 cm,钻深 10 cm。取样时以植株为中心,在其两边行间距植株 2、12、22 cm 分别钻取 0~10 cm、10~20 cm、20~

30 cm 深度的土柱,用流水仔细冲洗后,收集根系进行测定。

1.2 测定项目和方法

1.2.1 根系形态性状的测定 将冲洗干净的根系用扫描仪在 200 dpi 像素扫描成像后,用 DT-SCAN 图像分析软件获得根系长度和根系表面积形态特征指标。

1.2.2 根系活力的测定 根系活力采用 TTC 法,用 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW} \cdot \text{h}^{-1}$ 表示。

1.3 数据分析

根鲜重密度、根长密度、根表面积密度相对值:某一土层根鲜重密度、根长密度、根表面积密度占全层相应值的百分比。

根系活力相对值:某一土层根系活力与全层根系活力平均值之比。

2 结果与分析

2.1 不同产量类型大豆根系形态指标的空间分布

大豆根系在出苗后 18 d 分布在 0~10 cm 内的土层中,随生育进程,根系向纵深发展,出苗后 30 d,20~30 cm 土层中已有分布,但多集中在 0~20 cm 耕层内(表 1)。

表 1 不同产量大豆品种根系形态的空间分布变化

Table 1 Spatiotemporal change of root morphology in soybean varieties with different yields

		出苗后天数 Days after seedling/d									
产量类型 Yield type	根系形态指标 Index of root morphology	18	30			45			65		
		0 ~ 10 cm	0 ~ 10 cm	10 ~ 20 cm	20 ~ 30 cm	0 ~ 10 cm	10 ~ 20 cm	20 ~ 30 cm	0 ~ 10 cm	10 ~ 20 cm	20 ~ 30 cm
相对高产 Relative high yield	根鲜重密度 Root fresh weight density/mg • cm ⁻³	0.458	0.608 (96.04)	0.024 (3.78a)	0.001 (0.18)	0.874 (72.08)	0.278 (23.04A)	0.062 (5.16)	1.964 (53.58)	1.427 (38.50A)	0.280 (7.56)
	根长密度 Root length density/mm • cm ⁻³	2.346	3.718 (96.08)	0.147 (3.79a)	0.007 (0.18)	5.656 (73.54)	1.698 (23.98A)	0.331 (4.66)	8.181 (54.14)	5.813 (39.36A)	1.120 (7.23)
	根表面积密度 Root areas density/mm ² • cm ⁻³	1.638	2.675 (96.03)	0.105 (3.76a)	0.004 (0.16)	4.107 (75.10)	1.161 (23.84A)	0.200 (4.09)	5.591 (54.21)	3.965 (38.94A)	0.769 (7.56)
相对低产 Relative low yield	根鲜重密度 Root fresh weight density/mg • cm ⁻³	0.450	0.597 (96.88)	0.021 (3.37b)	0.0005 (0.08)	0.860 (75.06)	0.224 (17.92B)	0.061 (4.96)	1.957 (59.27)	1.131 (33.53B)	0.208 (6.17)
	根长密度 Root length density/mm • cm ⁻³	2.473	3.861 (96.50)	0.135 (3.35b)	0.004 (0.01)	5.641 (75.48)	1.484 (19.22B)	0.341 (4.47)	8.164 (58.92)	4.733 (33.93B)	0.927 (6.67)
	根表面积密度 Root areas density/mm ² • cm ⁻³	1.784	2.888 (96.49)	0.102 (3.38b)	0.001 (0.10)	4.093 (77.18)	0.982 (18.58B)	0.221 (4.17)	5.576 (59.22)	3.254 (34.12B)	0.578 (6.00)

括号中数字表示根系性状的相对值;a,b 及 A,B 分别代表不同产量之间 0.05、0.01 水平差异显著,下同。

The numbers in parentheses mean the relative values of root fresh weight. Values followed by a, b and A, B are significantly different between yield types at 0.05 and 0.01 probability level, respectively. The same as bellow.

不同时期、不同土层内的根系形态指标在不同产量间未表现出显著差异,但随生育进程,相对高产品种深层根系形态指标较相对低产品种有增加的趋势,而0~10 cm 内的各指标有减少的趋势。从指标相对值来看,出苗后 30 d,10~20 cm 土层内相对高产品种根系各形态指标的相对值显著高于相对低产品种;在出苗后 45 d 和 65 d,该层内这种差异在不同产量之间均达到极显著水平,20~30 cm 土层内,各时期根系形态指标在产量间差异不显著。结果表明,相对低产品种根系趋向于集中在浅层土壤,而相对高产品种的根系更加趋向于土层中的均匀化分布。

2.2 不同产量类型大豆根系活力的空间分布

不同时期、不同土层的大豆根系活力在不同产

量类型间未表现出显著差异(表 2)。随生育进程,出苗后 45~65 d,10~20 cm 土层根系活力均高于 0~10 cm 土层,表明在大豆生长中后期,较深土层内的根系吸收效率高于表层。出苗后 45 d 及 65 d,相对高产类型大豆 10~20 cm 土层根系活力相对值极显著高于相对低产类型,而 20~30 cm 土层内产量差异不显著。

2.3 不同空间分布大豆根系性状与产量的相关

0~10 cm 土层大豆根系性状与产量相关性很弱,随生育进程,深层根系性状及相对值表现出与产量较高的相关性,特别是 10~20 cm 土层内各根系性状的相对值与产量的相关性均达到极显著(表 3)。

表 2 不同产量大豆品种根系活力的空间分布变化

Table 2 Spatiotemporal change of root reductive activity in soybean varieties with different yield/ $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW} \cdot \text{h}^{-1} \text{s}$

产量类型 Yield type	出苗后天数 Days after seedling/d								
	18	30		45			65		
	0 ~ 10 cm	10 ~ 20 cm	0 ~ 10 cm	0 ~ 10 cm	10 ~ 20 cm	20 ~ 30 cm	0 ~ 10 cm	10 ~ 20 cm	20 ~ 30 cm
相对高产 Relative high yield	108.33	170.62 (1.02)	163.55 (0.97)	140.89 (0.98)	158.88 (1.11A)	130.37 (0.91)	128.00 (1.03)	132.88 (1.07A)	111.17 (0.90)
相对低产 Relative low yield	107.86	168.08 (1.02)	159.74 (0.98)	141.50 (0.99)	155.12 (1.09B)	127.72 (0.90)	125.84 (1.04)	128.26 (1.06B)	107.86 (0.89)

表 3 不同空间分布大豆根系性状与产量的相关

Table 3 Correlation of spatiotemporal root traits with yield in soybean

根系形态 Rot morphology	出苗后天数 Days after seeding/d									
	18	30			45			65		
	0~10 cm	0~10 cm	10~20 cm	20~30 cm	0~10 cm	10~20 cm	20~30 cm	0~10 cm	10~20 cm	20~30 cm
根鲜重密度 Root fresh weight density	0.123	0.349 (0.175)	0.534 (0.538)	0.141 (0.213)	0.177 (0.115)	0.623* (0.884**)	0.190 (0.287)	0.34 (-0.149)	0.606* (0.900**)	0.585* (0.745**)
根长密度 Root length density	-0.254	-0.21 (0.242)	0.368 (0.551)	0.167 (0.168)	0.181 (0.073)	0.556 (0.907**)	0.139 (0.146)	0.210 (-0.175)	0.666** (0.917**)	0.434 (0.551)
根表面积密度 Root areas density	-0.250	-0.404 (0.258)	0.202 (0.552)	0.069 (0.098)	0.163 (0.104)	0.613* (0.897**)	0.237 (0.009)	0.200 (0.004)	0.674* (0.917**)	0.557 (0.620*)
根系活力 Root reductive activity	0.248	0.299 (0.106)	0.461 (0.428)	-	0.129 (0.213)	0.436 (0.906**)	0.485 (0.369)	0.386 (0.082)	0.664** (0.877**)	0.422 (0.648*)

表中*、** 分别代表 0.05、0.01 水平差异显著

*, ** indicated significant difference at the 0.05 and 0.01 probability level, respectively.

3 讨论

大量研究表明,作物在其生长过程中通过调节根系的生长量、结构以及生理活性来最大程度地利

用土壤中的营养^[8-12]。由于土壤中营养元素分布的非均匀性,亦或局部的吸收耗竭,使得植株对养分的利用能力极大地受到根系空间分布的影响。根系本身的活动会造成矿质元素在土壤中强烈的

梯度变化,根系会朝着更为有效地吸收土壤中非均匀分布的资源方向发展^[13-14]。该研究中,随生育进程,不同产量类型大豆根系在土层中的动态分布不同,在生长中后期,相对低产品种根系趋向于集中在浅层,而相对高产品种在根系发展过程中深层比例增加,即更加趋向于土层中的分布均匀化,同时相对高产品种的根系活力在较深土层内亦显著高于相对低产品种。根系功能的提高一方面在于扩展其对土壤资源占有的领域,但是在群体条件下,扩张到一定程度后会导致个体之间竞争激烈;根系功能提高的另一面,还应与其获取资源的效率,即根系生理性状有关^[15]。田佩占研究表明^[16],大豆育种应注重培育后期根系发达、不早衰的新品种。不同产量类型大豆间根系性状的空间分布差异可能是有利于高产品种在其旺盛生长过程中抗御表层土壤养分匮乏的风险,从而保持根系不早衰,最终获得高产。

大豆根系在土壤中的分布较浅,多集中于 10 ~ 20 cm 土层内,这与播前整地采用旋耕导致耕层变浅有关。耕层深厚有利于根系的纵深发展及保持较高的吸收效率^[13-14],在大豆栽培管理中应重视播前整地质量,尽量加深耕层,深层施肥,同时注重生长过程中的深耕等栽培措施,以最大程度地发挥高产品种的增产潜力。

参考文献

- [1] 赵团结,盖钧镒,李海旺,等. 超高产大豆育种研究的进展与讨论[J]. 中国农业科学,2006,39(1):29-37. (Zhao T J, Gai J Y, Li H W, et al. Advances in breeding for super high-yielding soybean cultivars[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2006, 39(1):29-37.)
- [2] Kasper T C, Stanley C D. Root growth during the reproductive stages of development[J]. Agronomy Journal, 1978, 70:1105-1106.
- [3] 傅金民,董钻. 大豆根系生长与产量的关系[J]. 大豆科学, 1987, 6(4):261-279. (Fu J M, Dong Z. The relation of root growth and yield in soybean[J]. Soybean Science, 1987, 6(4):261-279.)
- [4] Pantalone V R, Rebetzke G J, Burton W, et al. Phenotypic evaluation of root traits in soybean and applicability to plant breeding [J]. Crop Science, 1996, 36:456-459.
- [5] 金剑,王光华,刘晓冰. 东北黑土区高产大豆 R5 期根系分布特征[J]. 中国油料作物学报, 2007, 29(3):266-271. (Jin J, Wang G H, Liu X B. Characteristics of root distribution at R5 stage in high yielding soybean in black soil[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2007, 29(3):266-271.)
- [6] 杨秀红,吴宗璞,张国栋. 不同年代大豆品种根系性状演化的研究[J]. 中国农业科学, 2001, 34(3):60-63. (Yang X H, Wu Z P, Zhang G D. Evolution of root characters of soybean varieties of different ages[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2001, 34(3):60-63.)
- [7] D Brenton Myers, Newell R Kitchen, Kenneth A Sudduth. Soybean root distribution related to Claypan soil properties and apparent soil electrical conductivity [J]. Crop Science, 2007, 47:1498-1509.
- [8] Campbell B D, Grime J D. A comparative study of plant responsiveness to the duration of episodes of mineral nutrient enrichment[J]. New Phytologist, 1989, 112:261-297.
- [9] Friend A L, Eide M R, Hinckley T M. Nitrogen stress alters root proliferation in douglas fir seedlings[J]. Canadian Journal of Forest Research, 1990, 20:1524-1529.
- [10] Campbell B D, Grime J P, Macky J M L, et al. The quest for a mechanistic understanding of resource competition in plant communities: the role of experiments [J]. Functional Ecology, 1991, 5:241-253.
- [11] DeKroon H, Hutchings M J. Morphological plasticity in clonal plants: the foraging concept reconsidered [J]. Journal of Ecology, 1995, 83:143-152.
- [12] Gersani M, Abramsky Z, Falik O. Density dependent habitat selection in plants [J]. Evolutionary Ecology, 1998, 12:223-234.
- [13] Lynch J P. Root architecture and plant productivity [J]. Plant Physiology, 1995, 109:7-13.
- [14] Seki Yoshiro, Hoshihara Ken, Bordon J. Root distribution of soybean plants in no-tillage fields in yguazu district of Paraguay [J]. Japanese Journal of Tropical Agriculture, 2001, 45(1):33-37.
- [15] Migue R. The vertical distribution of below ground biomass in grassland communities in relation to grazing regime and habitat characteristics [J]. Journal of Vegetal Science, 1995, 6:63-72.
- [16] 田佩占. 大豆品种根系的生态类型研究 [J]. 作物学报, 1984, 10(3):173-177. (Tian P Z. The research on root ecology type in soybean [J]. Acta Agronomica Sinica, 1984, 10(3):173-177.)