

鼓粒期间不同品质类型大豆植株酰脲含量变化规律研究

栗文霞, 郑浩宇, 屈春媛, 金喜军, 张玉先

(黑龙江八一农垦大学 农学院, 黑龙江 大庆 163319)

摘要:酰脲是大豆固氮产物,是根瘤固氮由根系向地上部运输的主要形式。以高油型大豆品种东农47和高蛋白型大豆品种东农48为供试材料,采用沙培培养的方法研究了鼓粒期间大豆植株酰脲含量变化规律。结果表明:随鼓粒进程的推进,两个品种大豆各器官酰脲含量均呈下降趋势;各器官酰脲含量顺序为茎>荚果>根>叶;不同器官中尿囊酸和尿囊素比例变化趋势不同;茎中酰脲含量与氮素含量呈极显著正相关,东农48叶中酰脲含量与氮素含量呈显著正相关,而东农47未表现出相关关系,两个供试品种其它器官酰脲含量与氮素含量无相关关系;高蛋白大豆品种东农48叶片酰脲含量较高、氮素含量较低,而高油型大豆品种东农47叶片酰脲含量较低、氮素含量则较高。

关键词:大豆;酰脲;动态变化;比例;相关性

中图分类号:S565.1

文献标识码:A

DOI:10.11861/j.issn.1000-9841.2016.05.0772

Change of Ureides Content in Different Quantily Soybeans During Seed Filling Period

LI Wen-xia, ZHENG Hao-yu, QU Chun-yuan, JIN Xi-jun, ZHANG Yu-xian

(College of Agronomy, Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing 163319, China)

Abstract: Ureides is the product in nitrogen fixation, nitrogenase is the main form of nitrogen transformation from roots to shoots in soybean. Soybean was cultivated with sand culture method, and high-oil soybean variety Dongnong 47 and high-protein soybean variety Dongnong 48 were used as experimental materials to study the change law of ureides content in soybean plant during the seed filling period. The result showed that ureides content in different organs showed grossly a downward trend during the seed filling period. The size order of ureides content in different organs was stem > pod > root > leaf. Change trend of ratio between allantoic acid and allantoin were different among different organs. There were significant positive correlation between ureides content and nitrogen content in stem for both varieties, and positive correlation between ureides content and nitrogen content in leaf for Dongnong 48, and no correlation between ureides content and nitrogen content in other organs. Higher ureides content and lower nitrogen content in leaf was found for high-protein soybean variety Dongnong 48, and it was opposite to high-oil soybean variety Dongnong 47.

Keywords: Soybean; Ureides; Dynamic changes; Ratio; Correlation

大豆是人类重要的植物蛋白和植物油来源,在世界范围内广泛种植^[1]。据估算,每生产大豆籽粒1 kg,需要氮素35~45 g,是生产相同质量水稻的4倍,可见氮素营养对于大豆产量具有重要作用^[2]。研究表明,大豆产量与氮素积累量存在高度相关关系,相关系数达到0.855^[3]。与其它豆科作物一样,大豆通过土壤氮、肥料氮、根瘤氮3种氮源来满足生长发育的需要。豌豆和蚕豆等豆科作物根瘤固氮产物为谷氨酰胺和天冬酰胺,而大豆固氮产物则是酰脲。大豆根瘤提取物中酰脲含量可达到94 mmol·mL⁻¹^[4]。进一步的研究证实,大豆根瘤中超过80%的含氮化合物以酰脲的形式随着蒸腾作用被运送到其它器官,即酰脲是根瘤固氮由根系向地上部运输的主要形式^[5-8]。

对于大豆等豆科作物,鼓粒期开始氮素积累中心由叶片向籽粒转移,不仅新同化的氮素主要向籽粒转运,而且在鼓粒期开始不久,营养器官中积累的氮素也出现向籽粒转移的现象。所以,鼓粒期是大豆氮代谢最为复杂的时期,同时也是决定产量的关键时期^[9]。目前,关于大豆酰脲含量的研究报道较多,但大多侧重从整个生育时期的角度研究酰脲含量的动态变化^[10-11],或酰脲含量与固氮酶活性的关系^[12],缺乏鼓粒期间大豆植株酰脲含量变化规律的细致研究。本试验针对鼓粒期间大豆植株不同器官酰脲含量、构成与氮素含量的相关性进行细致研究,同时对高油型和高蛋白型大豆进行比较,进而丰富大豆氮素营养相关研究内容。

收稿日期:2016-03-16

基金项目:国家自然科学基金(C130301,204134008);国家“十二五”科技支撑计划(2014BAD11B01-02);国家现代农业产业技术体系(CARS-04-PS17)。

第一作者简介:栗文霞(1991-),女,硕士,主要从事作物生理生态研究。E-mail:lizi8855@126.com。

通讯作者:张玉先(1968-),男,教授,博导,主要从事大豆栽培研究。E-mail:zyx_lxy@126.com。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于 2015 年 5 ~ 10 月在黑龙江八一农垦大学农学院实验基地进行,供试品种分别为高油型大豆品种东农 47 和高蛋白型大豆品种东农 48,均由东北农业大学大豆研究所提供。采用沙培方式,河沙先用自来水冲洗干净,再用蒸馏水冲洗 3 遍,装盆。选用的花盆直径 0.3 m、高 0.3 m,盆底有 4 个直径为 1 cm 的孔,装沙前在盆底放一层纱网,以防止根系长出桶外,并把花盆坐在铺好的砖上以利于排水。播种至真叶展开前每天淋浇 500 mL 蒸馏水,自真叶展开后每天淋浇 500 mL 营养液,营养液由蒸馏水配制,成分参考金喜军的方法^[13]。每个品种播种 35 盆,每盆保苗 4 株。待大豆植株生长至鼓粒初期,每个大豆品种挑选均匀一致的材料 30 盆。自鼓粒初期开始每 6 d 取一次样,至成熟期共取样 6 次,每个品种每次取样 5 盆。取样时将大豆植株按叶(包括叶片和叶柄)、茎、根、荚果分解,根系先用清水洗净残留物再用蒸馏水冲洗 2 遍,将所有样品分

别装入牛皮纸袋,放进烘箱 105℃ 杀青 0.5 h 后 75℃ 烘干至恒重,干样经粉碎机粉碎后待分析用。

1.2 测定项目与方法

酰胺含量的测定采用董守坤等^[10]的方法,氮素含量测定采用凯氏定氮法。

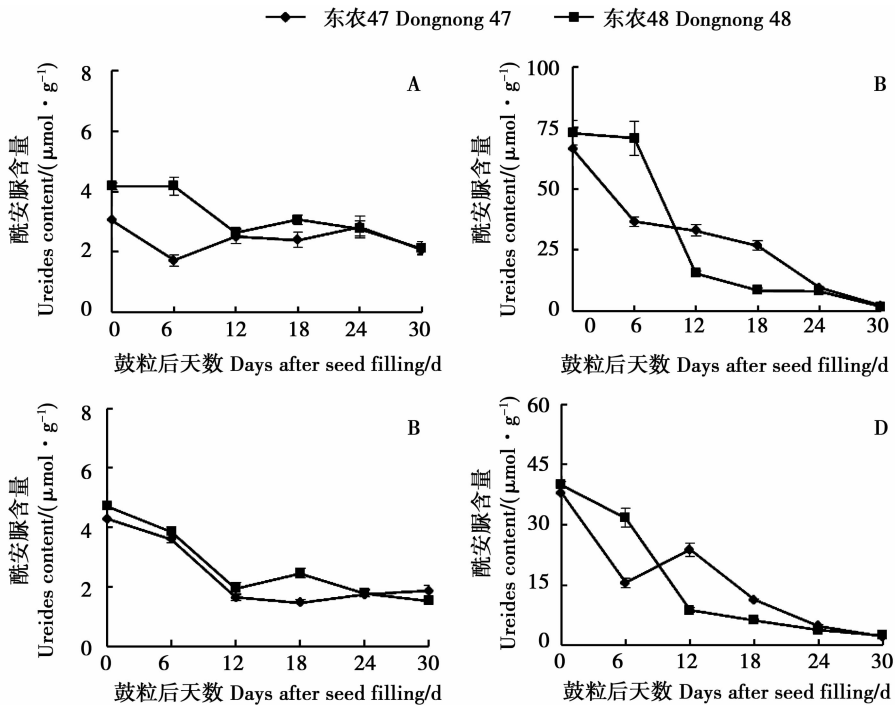
1.3 数据分析

采用 Excel 2010 作图,SPSS 16.0 进行相关分析。

2 结果与分析

2.1 鼓粒期间不同大豆器官酰胺含量变化

如图 1 所示,鼓粒期间两个供试品种叶酰胺含量变化趋势大体相同,均表现为先下降后有所上升,最后又下降。不同的是在鼓粒开始后的 0 ~ 24 d,东农 48 叶片酰胺含量均高于东农 47。两个供试品种茎和根中酰胺含量均呈下降趋势,其中茎中酰胺含量下降快速,根中酰胺含量下降缓慢。东农 48 荚果中酰胺含量呈逐渐下降趋势,而东农 47 则呈现先下降、后上升、再逐渐下降的趋势。



A: 叶; B: 茎; C: 根; D: 荚果。下同。

A: Leaf; B: Stem; C: Root; D: Pod. The same below.

图 1 鼓粒期大豆酰胺含量变化动态

Fig. 1 Dynamic of soybean ureides content in seed filling period

2.2 鼓粒期间大豆不同器官中尿囊酸和尿囊素比例变化

尿囊酸和尿囊素是酰胺的主要成分,如图 2 为鼓粒期间大豆不同器官尿囊酸和尿囊素分配比例。

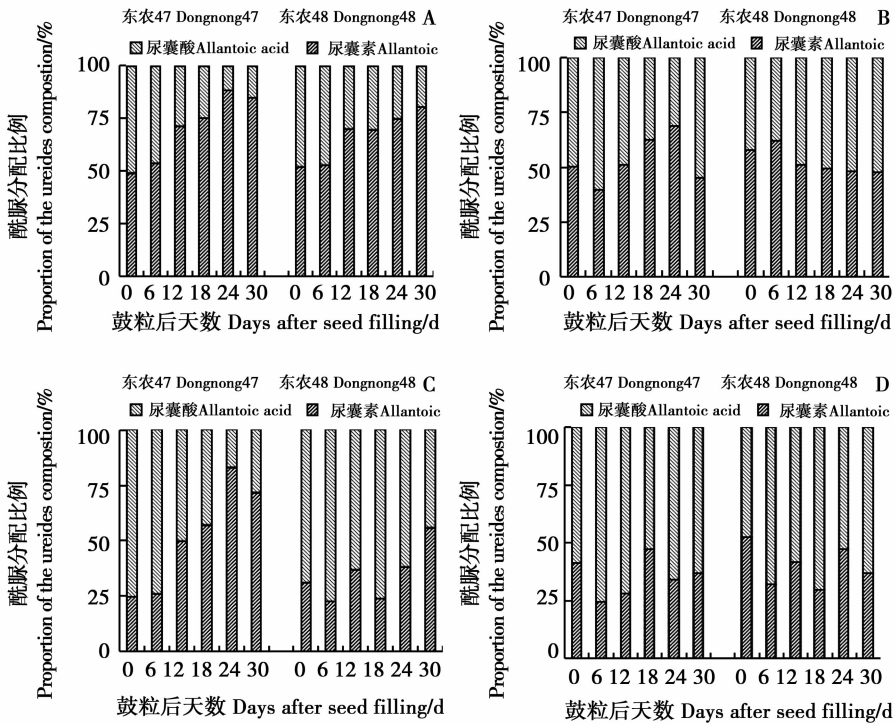
总体来看,不同器官酰胺组成不同,并随着鼓粒进程的推进而变化。鼓粒开始后的 6 d,两个供试品种叶中尿囊酸与尿囊素的含量接近,而随着鼓粒进程的推进尿囊酸所占比例逐渐减小,至成熟期尿囊酸与尿囊素的比例低于 1:4。

鼓粒期间两个供试品种茎中尿囊酸与尿囊素的比例变化规律不同,其中东农47呈先上升后缓慢上升、最后下降的趋势,而东农48则呈先上升后逐渐下降的趋势,至成熟期两个供试品种茎中尿囊酸与尿囊素的比例均接近1:1。

鼓粒期间两个供试品种根中尿囊酸与尿囊素的比例变化规律不同,其中东农47表现为自鼓粒后

第0天的3:1逐渐下降至第24天的1:4.8,至成熟期略有上升,而东农48则未表现出明显规律性,至成熟期尿囊酸与尿囊素的比例为1:1.3。

鼓粒期间两个供试品种荚果中尿囊酸与尿囊素的比例变化无明显规律性,大体来看鼓粒期间尿囊酸构成比例高于尿囊素,至成熟期尿囊酸与尿囊素的比例为1:0.6。



A:叶;B:茎;C:根;D:荚果。

A: Leaf; B: Stem; C: Root; D: Pod.

图2 鼓粒期间大豆尿囊酸和尿囊素比例

Fig. 2 The ratio of soybean allantoic acid to allantoin in seed filling period

2.3 酰脲含量与氮素含量相关性

对各器官酰脲含量和氮素含量进行相关性分析可知,东农47和东农48茎中酰脲含量与氮素含

量呈极显著相关关系,东农48叶中酰脲含量与氮素含量呈显著相关关系,而其它器官中酰脲含量与氮素含量无相关关系。

表1 不同器官酰脲含量与氮素含量相关性

Table 1 Correlation between ureides content and nitrogen content in different organs

品种 Varieties	部位 Organs	酰脲含量平均值 Average ureides content/ $(\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1})$	标准差 SD	氮素含量平均值 Average nitrogen content/%	标准差 SD	相关系数 Correlation coefficient	相关性 Correlation
东农47 Dongnong 47	叶 Leaf	1.90	0.55	2.43	0.49	0.20	—
	茎 Stem	29.08	22.62	0.76	0.36	0.94	**
	根 Root	2.43	1.20	1.66	0.52	0.54	—
	荚果 Pod	15.93	13.26	4.00	0.79	-0.61	—
东农48 Dongnong 48	叶 Leaf	3.16	0.85	1.91	0.44	0.89	*
	茎 Stem	29.61	32.96	0.87	0.37	0.92	**
	根 Root	2.71	1.28	1.82	0.33	0.53	—
	荚果 Pod	15.47	16.09	4.23	0.24	-0.74	—

*代表显著相关; **代表极显著相关。

* indicates significant positive correlation; ** indicates very significant positive correlation.

3 结论与讨论

龚振平等^[14]研究表明,根瘤固氮是鼓粒期间大豆氮素主要来源,因此根瘤固氮能力与大豆籽粒发育和产量形成关系密切,而根瘤固氮能力随鼓粒进程的推进逐渐降低^[13]。酰胺含量是表征根瘤固氮能力的重要指标^[15],与固氮酶活性呈正相关关系^[16]。本试验结果表明,不同器官间酰胺含量存在较大差异,表现为茎 > 荚果 > 根 > 叶,这与董守坤等^[10]的研究结果一致,可能是由于根是作为根瘤与大豆植株的联系器官不起生产和贮存酰胺的作用,而仅是酰胺运输通路。茎是酰胺主要贮存器官^[17],因此酰胺含量最高。叶片作为酰胺分解的主要场所^[18],酰胺含量必然较低。荚果作为鼓粒期间大豆生长中心,根瘤固氮产物在一定程度上优先分配给发育中的荚果,造成荚果中酰胺含量较高^[19]。各器官中酰胺含量大体上均随鼓粒进程的推进而下降,这与根瘤固氮能力下降^[14]、氮素转移、氮素形态转化有关。各器官中尿囊酸和尿囊素的比率随鼓粒进程的推进呈不同的变化趋势,这可能是不同器官中尿囊酸酶含量不同^[17]、各器官衰老进程不同所致。两个供试品种茎中酰胺含量与氮素含量达到极显著相关关系,这与茎中氮素构成有关,因为木质部中 60% ~ 80% 的氮素形态是酰胺^[17]。东农 48 叶中酰胺含量与氮素含量达到显著相关关系,而东农 47 未表现出相关性,这可能与东农 48 为高蛋白型大豆、东农 47 为高油型大豆有关。高油型大豆品种东农 47 叶部氮素含量明显低于高蛋白型大豆品种东农 48,而酰胺含量则高于东农 48;同时,东农 47 和东农 48 荚果中酰胺含量无明显差异,而氮素含量则表现为东农 48 高于东农 47,茎和根中酰胺和氮素含量在两个品种间无差异(表 1),据此推断,高蛋白型大豆品种叶片酰胺含量较高、氮素含量较低,而高油型大豆品种叶片酰胺含量较低,氮素含量则较高,这可能与不同类型大豆鼓粒期间氮素转运特性有关。

参考文献

[1] Stacey G, Vodkin L, Parrott W A, et al. National science foundation-sponsored workshop report. Draft plan for soybean genomics [J]. *Plant Physiology*, 2004, 135(1):59-70.

[2] Fageria N K, Baligar V C. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants[J]. *Advances in Agronomy*, 2005, 88:97-185.

[3] Takahashi Y, Chinushi T, Nakano T, et al. Yield components of soybean plants with deep placement of N fertilizer, related to high productivity[J]. *Niigata Agricultural Experimental station*, 1994, 3(40):7-15.

[4] Streeter J G. Allantoin and allantoic acid in tissues and stem exudate from field-grown soybean plants[J]. *Plant Physiology*, 1979, 63(3):478-480.

[5] Rainbird R M, Thorne J H, Hardy R W. Role of amides, amino acids, and ureides in the nutrition of developing soybean seeds [J]. *Plant Physiology*, 1984, 74(2):329-334.

[6] Smith P M, Atkins C A. Purine biosynthesis. Big in cell division, even bigger in nitrogen assimilation[J]. *Plant Physiology*, 2002, 128(3):793-802.

[7] Smith P M, Winter H, Storer P J, et al. Effect of short-term N₂ deficiency on expression of the ureide pathway in cowpea root nodules[J]. *Plant Physiology*, 2002, 129(3):1216-1221.

[8] Atkins C A, Smith P M. Translocation in legumes: Assimilates, nutrients, and signaling molecules[J]. *Plant Physiology*, 2007, 144(2):550-561.

[9] Kumudini S V, Pallikonda P K, Steele C. Photoperiod and E-genes influence the duration of the reproductive phase in soybean [J]. *Crop Science*, 2007, 47(4):1510-1517.

[10] 董守坤, 马春梅, 李姚, 等. 大豆植株中酰胺含量变化动态研究[J]. *东北农业大学学报*, 2005, 36(5):549-552. (Dong S K, Ma C M, Li Y, et al. Study on the change of ureides content in soybean plant [J]. *Journal Northeast Agricultural University*, 2005, 36(5):549-552.)

[11] 刘业丽, 孙聪妹, 刘丽君, 等. 不同基因型大豆植株酰胺含量的动态规律[J]. *东北农业大学学报*, 2007, 38(1):5-8. (Liu Y L, Sun C S, Liu L J, et al. Study on dynamic regulation of ureides content in soybean plants among different genotypes [J]. *Journal of Northeast Agricultural University*, 2007, 38(1):5-8.)

[12] 房春红, 陈秀双, 刘杰, 等. 大豆固氮酶活性与酰胺含量的关系[J]. *东北农业大学学报*, 2008, 39(3):9-12. (Fang C H, Chen X S, Liu J, et al. Relation between ureide content and nitrogenase activity in soybean [J]. *Journal of Northeast Agricultural University*, 2008, 39(3):9-12.)

[13] 金喜军, 马春梅, 龚振平, 等. 大豆鼓粒期对肥料氮的吸收与分配研究[J]. *植物营养与肥料学报*, 2010, 16(2):395-399. (Jin X J, Ma C M, Gong Z P, et al. Study on fertilizer-N absorption and distribution of soybean [*Glycine max* (L).] during the seed-filling period [J]. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2010, 16(2):395-399.)

[14] 龚振平, 金喜军, 马春梅, 等. 春大豆对不同来源氮素吸收利用的研究[J]. *土壤通报*, 2010, 41(5):1138-1141. (Gong Z P, Jin X J, Ma C M, et al. Study on the absorption and utilization of various source nitrogen by spring soybean [J]. *Chinese Journal of Soil Science*, 2010, 41(5):1138-1141.)

[15] Peter R M, Daniel W I, Richard J V. Evaluation of the relative ureide content of xylem sap as an indicator of N₂ fixation in soybeans[J]. *Plant Physiology*, 1980, 66(4):720-725.

[16] 张红纓. 大豆植株木质部汁液中氮素运输特征的研究[J]. *大豆科学*, 1988, 7(1):19-24. (Zhang H Y. Study on the transport characteristics of nitrogenous compounds in the xylem sap of soybean plant [J]. *Soybean Science*, 1988, 7(1):19-24.)

[17] Herridge D F, Atkins C A, Pate J S, et al. Allantoin and allantoic acid in the nitrogen economy of the cowpea (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) [J]. *Plant Physiology*, 1978, 62(4):495-498.

[18] Vadez V, Sinclair T R. Leaf ureide degradation and N₂ fixation tolerance to water deficit in soybean [J]. *Journal of Experimental Botany*, 2001, 52(354):153-159.

[19] Thomas R J, Schrader L E. The assimilation of ureides in shoot tissues of soybeans [J]. *Plant Physiology*, 1981, 67(5):973-976.