

不同年代大豆品种根系伤流液中可溶性糖含量的变化及与叶片光合的关系

邓宏中^{1,2}, 李鑫¹, 徐克章¹, 李大勇¹, 孙苗苗¹, 张治安¹

(1 吉林农业大学 农学院, 吉林 长春 130118; 2 中国水稻研究所, 浙江 杭州 311400)

摘要:为探究大豆品种在遗传改良过程中根系伤流液中可溶性糖含量的变化及与植株光合的关系,于2010—2011年,选用吉林省1923—2004年间育成的22个大豆品种,研究根系伤流液中可溶性糖含量变化及其与功能叶片净光合速率(Pn)的关系.结果表明,大豆品种的遗传改良在增加根系伤流液质量的同时,伤流液中可溶性糖含量也得到增加,其中盛花期(R2)根系伤流液中可溶性糖含量与品种的育成年份呈显著正相关变化.可溶性糖含量在盛花期(R2)最高,结荚期(R4)和鼓粒期(R6)根系伤流液中可溶性糖含量极低.对R2、R4和R6伤流液中可溶性糖含量与Pn的相关分析表明,R2可溶性糖含量与Pn呈极显著正相关,R4、R6相关不显著.R2根系伤流液中可溶性糖含量可以作为植株光合能力的参考指标.

关键词:大豆;根系伤流液;可溶性糖;净光合速率
中图分类号:S565.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-411X(2013)02-0197-06

The Change of Soluble Sugar Content in Root Bleeding Sap and the Correlation with Leaf Photosynthesis in Soybean Cultivars Released in Different Years

DENG Hongzhong^{1,2}, LI Xin¹, XU Kezhang¹, LI Dayong¹, SUN Miaomiao¹, ZHANG Zhi'an¹
(1 College of Agronomy, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China;
2 China National Rice Research Institute, Hangzhou 311400, China)

Abstract: In order to explore the changes of soluble sugar content in root bleeding sap during the genetic improvement of soybean varieties and its relationship with the plant photosynthesis, 22 soybean varieties bred in Jilin Province during 1923 – 2004 were measured to study the change of soluble sugar content in root bleeding sap and its relationship with the net photosynthetic rate (Pn) of the function leaf in 2010 and 2011. The results showed that while root bleeding sap mass increased with genetic improvement of soybean cultivars, similar to the soluble sugar content in roots bleeding sap, and the correlation of soluble sugar content with year of release reached a significant positive level at flowering stage (R2). Maximum soluble sugar content was measured at R2, while at pod growth stage (R4) and seed filling stage (R6), soluble sugar content in root bleeding sap were extremely low. The relevant analysis of soluble sugar content of bleeding sap and Pn at R2, R4 and R6 showed that soluble sugar content was significantly correlated with Pn at R2, but the correlation was not remarkable at R4 and R6. It was suggested that R2 soluble sugar content in root bleeding sap could be used as an index of plant photosynthetic capacity.

Key words: soybean; root bleeding sap; soluble sugar; net photosynthetic rate

可溶性糖含量是植物体内物质代谢和生理功能的重要指标,其含量可反映碳水化合物的合成和运输情况,同时与植物的抗性、衰老、光合作用和产量形成有密切关系^[1-10]. 叶片中可溶性糖与光合作用、生物量和产量关系的研究已有许多报道. 于岩等^[11]对桃树叶片可溶性糖含量与光合作用的研究表明,可溶性糖含量的积累造成光合速率的下降. Koch^[12]通过不同的试验材料研究证实,叶片糖的积累与消耗可以抑制和促进叶片的光合作用. 许多研究表明,可溶性糖含量的变化对整株植物的生长和生理性状具有调节作用^[13-18], 卮新华等^[19]认为小麦根系伤流液中糖含量的高低可以作为穗部性状发育状况的指标. 左文博等^[20]指出小麦灌浆中期的根系可溶性糖含量可以作为评价作物抗旱性的指标. 王志芬等^[21]和邹定辉等^[22]研究表明,小麦根系活力的下降是由于后期根系糖含量降低引起的. 但关于根系伤流液中可溶性糖含量变化与叶片光合关系的研究鲜见报道. 本文选择吉林省 1923—2004 年育成的 22 个大豆栽培品种,在 2010—2011 年测定不同年代大豆品种根系伤流液中可溶性糖含量和功能叶片净光合速率(Pn),以了解大豆品种在遗传改良过程中根系伤流液中可溶性糖含量的变化及其与叶片 Pn 的关系.

1 材料与方法

1.1 材料

供试材料为吉林省 1923—2004 年间育成的 22 个大豆品种(表 1),由吉林省农业科学院大豆品种资源室和吉林农业大学大豆育种研究室提供.

1.2 方法

试验于 2010—2011 年在吉林农业大学试验田(43. 53°N,125. 10°E)进行. 试验地土壤为黑壤土,含有机质 26. 900 g · kg⁻¹、全氮 1. 645 g · kg⁻¹、全磷 0. 860 g · kg⁻¹、碱解氮 0. 120 g · kg⁻¹、速效氮 16. 100 mg · kg⁻¹、速效钾 122. 0 g · kg⁻¹,pH 6. 8. 人工点播,各品种于苗期定苗,种植密度为 20 万株 · hm⁻²,行距 0. 65 m,行长 5 m,正常田间管理,每个大豆品种种植 3 行,3 次重复. 分别在大豆开花后盛花期(R2)、结荚期(R4)和鼓粒期(R6)于 09:00—11:00 时测定根系伤流液质量、伤流液中可溶性糖含量和功能叶片的净光合速率(Pn).

伤流液质量的测定:将大豆植株茎在子叶节处剪断后用质量为 2 g 左右的脱脂棉包裹根桩,再用塑料袋密封脱脂棉,并用橡皮套扎好塑料袋口,以防止水分蒸发. 2 h 后采集伤流液带回实验室用分析天平

表 1 供试大豆品种¹⁾

Tab. 1 The list of soybean cultivars

品种	育成年代	生育期/d	结荚习性
黄宝珠	1923	140	无 限
满仓金	1929	135	无 限
元宝金	1929	125	无 限
金元 1 号	1941	137	无 限
集体 5 号	1956	134	无 限
吉林 3 号	1963	128	无 限
吉林 1 号	1963	114	无 限
吉林 5 号	1963	131	亚有限
吉林 6 号	1963	140	亚有限
吉林 8 号	1971	134	无 限
吉林 16 号	1978	142	无 限
吉林 20 号	1984	134	亚有限
吉林 26 号	1991	118	无 限
吉林 35 号	1995	126	亚有限
吉林 36 号	1996	130	亚有限
吉林 38 号	1998	136	亚有限
吉农 7 号	1999	128	亚有限
吉林 45 号	2000	128	亚有限
吉林 58 号	2001	115	亚有限
吉农 11 号	2002	131	亚有限
吉育 66 号	2002	132	亚有限
吉农 15 号	2004	131	亚有限

1) 吉农 7 号、吉农 11 号和吉农 15 号由吉林农业大学育成,其余均由吉林省农业科学院育成.

称质量,伤流液的质量[$m_{\text{伤流液}}/(g \cdot h^{-1} \cdot \text{株}^{-1})$]按以下公式计算:

$$m_{\text{伤流液}} = (m_2 - m_1)/2,$$

式中, m_1 、 m_2 分别为收集伤流液前和收集伤流液后脱脂棉、塑料袋和橡皮套的质量,因 2 h 采集 1 次,故式中除以 2.

可溶性糖含量的测定:将脱脂棉中伤流液挤出后,采用蒽酮法测伤流液中可溶性糖含量,利用 TU-821 紫外可见分光光度计在 620 nm 进行比色测定.

Pn 的测定:用 Li-6400 型便携式光合测定系统,固定红蓝光源,光照度为 1 200 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,测定部位为大豆三出复叶的中间小叶片.

数据处理:采用 Excel 数据处理系统进行处理. 应用 DPS 软件进行方差分析和差异显著性测验.

2 结果与分析

2.1 不同年代大豆品种根系伤流液质量与伤流液中可溶性糖含量的变化

表 2 为 2010—2011 年 22 个大豆品种在盛花期

表 2 22 个大豆品种的根系伤流液质量、伤流液中可溶性糖含量和叶片净光合速率¹⁾

Tab. 2 Root bleeding sap mass, soluble sugar content of bleeding sap and leaf net photosynthetic rate of 22 soybean cultivars

品种	盛花期			结荚期			鼓粒期		
	<i>m</i> _{伤流液}	<i>w</i> (可溶性糖)	Pn	<i>m</i> _{伤流液}	<i>w</i> (可溶性糖)	Pn	<i>m</i> _{伤流液}	<i>w</i> (可溶性糖)	Pn
黄宝珠	2.533 8	0.138 4	25.0	2.369 9	0.002 4	32.7	1.785 3	0.001 7	29.5
满仓金	2.667 3	0.353 5	26.7	2.339 7	0.003 6	30.8	2.357 0	0.004 4	29.4
元宝金	1.689 5	0.245 8	21.9	2.836 5	0.004 9	33.7	2.193 8	0.002 0	30.4
金元 1 号	2.341 1	0.277 5	23.9	2.049 3	0.017 6	34.7	1.836 4	0.006 5	23.5
集体 5 号	3.288 8	0.133 1	23.3	3.602 5	0.004 9	29.3	2.223 3	0.003 4	17.8
吉林 3 号	2.064 6	0.154 2	21.3	3.022 9	0.003 2	30.4	2.025 7	0.003 0	28.3
吉林 1 号	2.704 1	0.259 2	19.8	3.534 4	0.004 8	32.0	2.353 6	0.003 9	17.4
吉林 5 号	2.850 8	0.264 2	22.3	2.450 7	0.005 0	25.1	2.010 4	0.007 0	20.6
吉林 6 号	2.410 9	0.145 2	27.0	3.639 8	0.003 0	34.8	2.137 4	0.003 9	28.9
吉林 8 号	2.744 5	0.166 6	21.5	4.339 5	0.006 3	33.0	2.144 8	0.013 4	30.8
吉林 16 号	3.004 1	0.169 1	25.6	2.854 5	0.005 9	33.2	1.758 2	0.009 6	28.4
吉林 20 号	2.477 2	0.406 8	26.5	2.490 3	0.003 5	35.0	1.743 3	0.005 2	28.9
吉林 26 号	2.816 9	0.245 1	23.1	4.108 1	0.006 8	36.6	1.995 2	0.004 6	30.0
吉林 35 号	2.140 9	0.275 5	24.7	3.918 1	0.007 1	35.0	2.079 5	0.026 4	27.6
吉林 36 号	3.242 5	0.254 5	24.4	3.696 8	0.004 4	33.9	2.529 6	0.020 0	32.7
吉林 38 号	2.803 2	0.310 5	26.5	5.202 5	0.005 2	36.0	2.892 9	0.015 1	29.2
吉农 7 号	3.464 8	0.509 4	22.0	2.075 2	0.006 6	34.6	2.458 5	0.001 8	24.4
吉林 45 号	3.300 0	0.682 6	31.7	4.561 9	0.004 2	35.4	2.892 1	0.007 7	34.6
吉林 58 号	2.849 4	0.391 8	28.3	2.789 8	0.003 1	34.1	3.367 2	0.003 2	31.6
吉农 11 号	3.388 3	0.528 7	25.8	3.730 6	0.010 5	34.6	2.612 8	0.006 1	33.7
吉育 66 号	3.607 2	0.530 7	31.7	2.695 1	0.006 0	32.7	2.230 5	0.005 1	34.9
吉农 15 号	3.208 5	0.388 3	28.3	2.939 9	0.002 1	33.5	2.475 3	0.005 3	32.2
平均值	2.799 9	0.310 5	25.05	3.238 5	0.005 5	33.22	2.277 4	0.007 2	28.39
SD	0.493 5	0.149 6	3.16	0.854 2	0.003 3	2.55	0.408 2	0.006 3	4.89
LSD _{0.05}	0.695 6	0.108 4	4.59	0.753 1	0.005 8	4.12	0.431 4	0.010 4	3.01
LSD _{0.01}	0.920 3	0.143 4	6.07	0.996 5	0.007 0	5.45	0.570 8	0.013 8	3.99

1) *m*_{伤流液}、*w*(可溶性糖)和 Pn 为 2010 年和 2011 年的平均值,单位分别为 g·h⁻¹·株⁻¹、%、μmol·m⁻²·s⁻¹·h⁻¹.

(R2)、结荚期(R4)、鼓粒期(R6)根系伤流液的质量、伤流液中可溶性糖含量和功能叶片净光合速率的测定结果.可以看出,伤流液的质量,伤流液中可溶性糖含量和叶片净光合速率在大豆品种间存在差异.

不同生育期 22 个大豆品种根系伤流液质量的变化与伤流液中可溶性糖含量的变化并不相同,根系伤流液质量在 R2 较低,R4 达最大值,R6 下降;而伤流液中可溶性糖含量在 R2 最大,R4 和 R6 期急剧下降.

对 22 个大豆品种根系伤流液质量、伤流液中可溶性糖含量与育成年份进行相关分析,结果(图 1)

表明,根系伤流液质量和伤流液中可溶性糖含量均与育成年份呈正相关变化,其中 R2 伤流液中可溶性糖含量与品种的育成年份在 2010 年呈显著正相关,2011 年达到极显著水平.2 年的伤流液质量也与育成年份均呈正相关,平均值达到极显著正相关(图 1).说明大豆品种的遗传改良在增加伤流液质量的同时,也增加了其伤流液中可溶性糖含量.

虽然 R2 伤流液质量和伤流液中可溶性糖含量与品种育成年份的相关程度不相同,但对根系伤流液质量和伤流液中可溶性糖含量的相关分析表明,2 年间两者均呈极显著正相关变化(图 2).

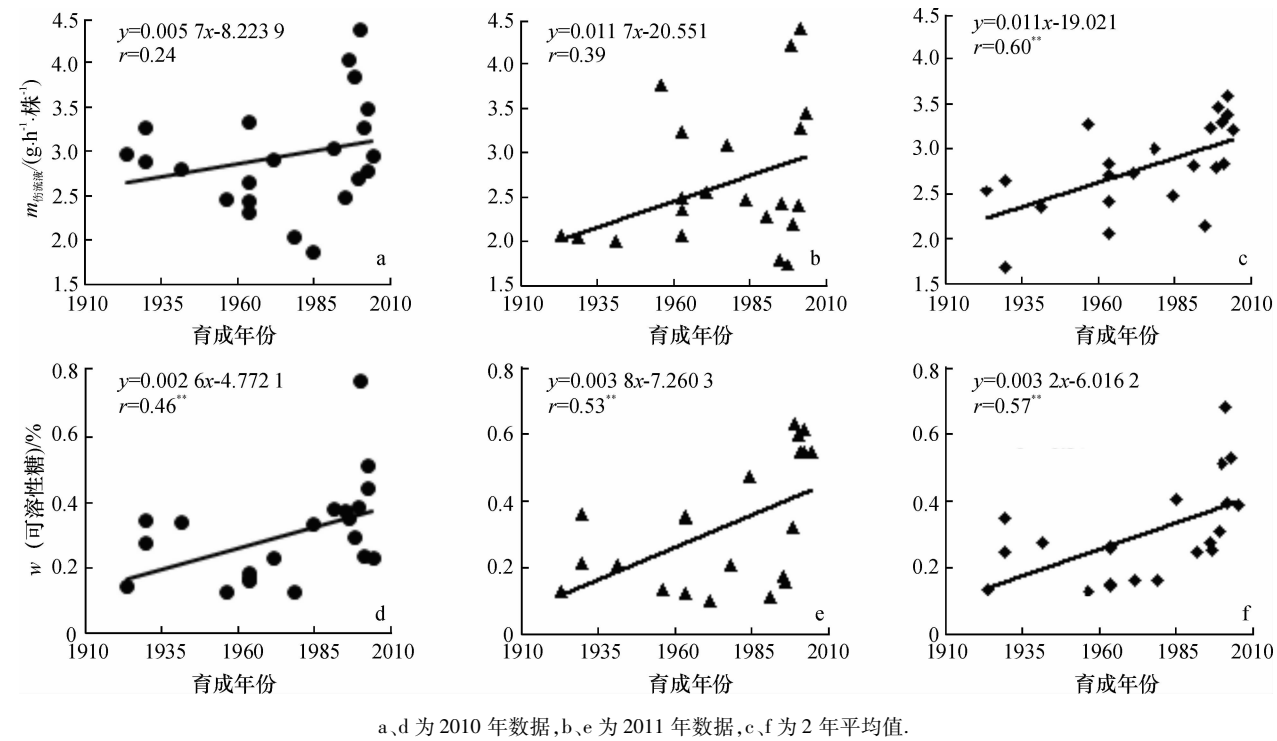


图 1 22 个大豆品种 R2 根系伤流液质量和伤流液中可溶性糖含量与育成年份的关系(2010—2011 年)

Fig. 1 The correlation of root bleeding sap mass with the year released and the soluble sugar content with the year released from 22 soybean cultivars at R2

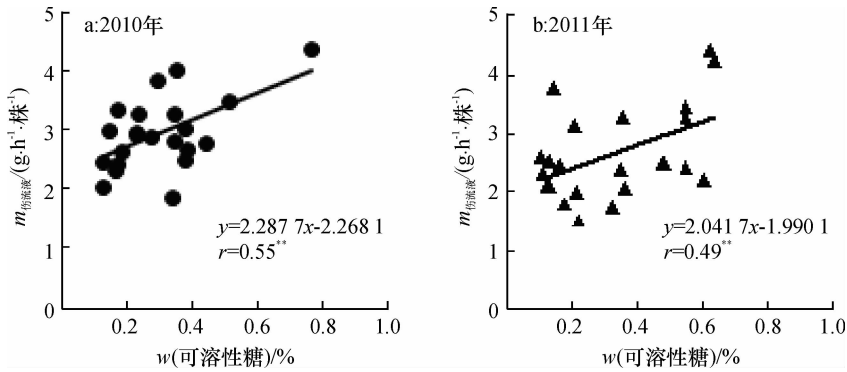


图 2 22 个大豆品种 R2 根系伤流液中可溶性糖含量和伤流液质量的关系

Fig. 2 The correlation of the soluble sugar content with root bleeding sap mass of 22 soybean cultivars at R2

2.2 根系伤流液中可溶性糖含量与叶片光合速率的关系

从 R2、R4 和 R6 根系可溶性糖含量与功能叶片光合速率 2 年的测定结果(表 2、图 3)可以看出,可溶性糖含量 R2 时最大,R4 和 R6 时极低.而 Pn 的变化则表现为 R2 最低,R4 最大,R6 略有下降.可以看出,伤流液中可溶性糖含量的变化与叶片净光合速率的变化并不相同.对 R2 时可溶性糖含量与叶片净光合速率的相关分析表明,两年均呈极显著正相关(r 分别为 0.54^{**} 和 0.56^{**})(图 4).表明 R2 根系伤流液中可溶性糖含量可以作为植株光合能力的参考指标. R4 与 R6 可溶性糖含量与 Pn 的关系并不密

切,相关系数分别为 0.08 和 0.18.

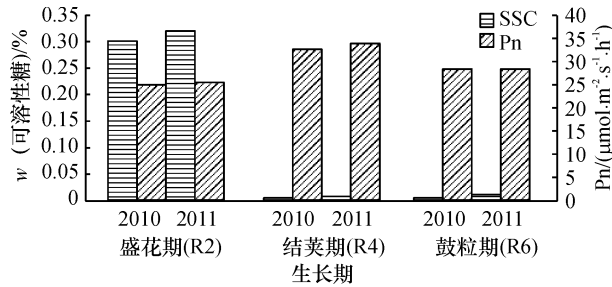


图 3 22 个大豆品种不同时期根系伤流液中可溶性糖含量 (SSC) 与光合速率 (Pn) 的比较

Fig. 3 The comparison of soluble sugar content in root bleeding sap with Pn of 22 soybean cultivars at different stages

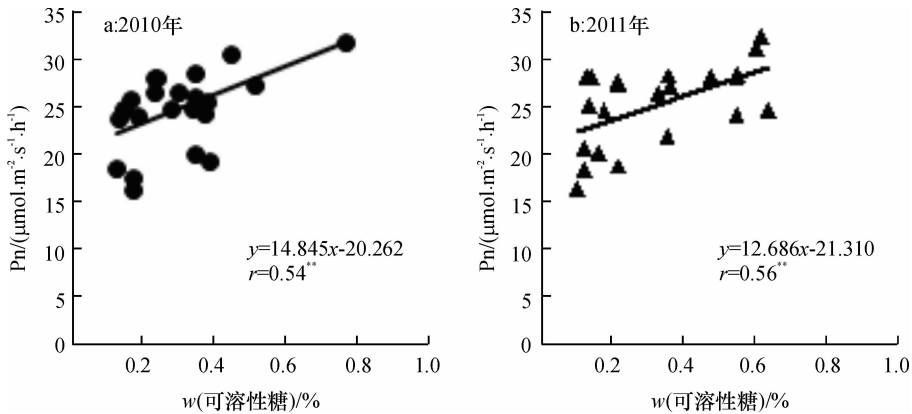


图4 22 个大豆品种 R2 根系伤流液中可溶性糖含量与净光合速率的关系

Fig.4 The correlation of soluble sugar content in root bleeding sap with net photosynthetic rate of 22 soybean cultivars at R2

3 讨论与结论

关于大豆品种遗传改良过程中地上部分农艺性状和生理性状的变化已有许多报道^[1-4,10,23-24],王晓慧等^[2]研究表明,R2 和 R4 大豆叶片可溶性糖含量和比叶质量随着育成年份的推进而增加,赵洪祥等^[7]发现大豆叶片中硝酸还原酶活性、叶绿素含量和可溶性蛋白含量也随育成年份的推进而增加.但关于大豆品种遗传改良过程中根系生理性状的变化及其与叶片光合关系的研究尚不多见.根系与地上部分器官的生长、功能、衰老进程以及生物量和产量有着密切关系^[16,25-27].根系伤流液是反映根系活力的一个重要指标^[25-27,28-30],孙苗苗等^[31]发现大豆品种的遗传改良增加了根系伤流液质量,R2 和 R4 根系伤流液质量可以作为功能叶片 Pn 的参考指标.

本文对大豆品种遗传改良过程中根系伤流液中成分的变化及其与光合关系的研究表明:大豆品种的遗传改良增加伤流液质量的同时,也增加了伤流液中可溶性糖含量.伤流液中可溶性糖含量与品种的育成年份呈正相关.从不同时期的变化来看,根系伤流液中可溶性糖含量的变化与叶片净光合速率的变化并不一致:伤流液中可溶性糖含量在 R2 时最高,R4 和 R6 时急剧下降,而叶片净光合速率则表现为 R4 和 R6 比 R2 高.笔者认为这可能与结荚期后光合作用产物主要供应生殖生长,而向根系输送的糖分减少有关.王法宏等^[17-18]的研究也证明大豆在盛花期,根系内的可溶性糖含量迅速提高,此后迅速下降.一些研究认为,大豆生殖生长后期籽粒的生长使地上部分光合产物向根系运输减少,导致了根系早衰^[32-36].本研究发现 R4 后根系伤流液中可溶性糖含量急剧下降.R2 伤流液中可溶性糖含量与叶片光合存在着极显著正相关关系,说明 R2 根系伤流液中可溶性糖含量可以作为植株光合能力的参考指标.

关于根系伤流液中其他成分如激素、矿质元素、离子等变化及其与光合和叶片衰老的关系还不清楚,有待进一步研究.

以上结果表明,大豆品种的遗传改良提高了 R2 根系伤流液中可溶性糖含量,R2 根系伤流液中可溶性糖含量与功能叶片光合作用密切相关,可以作为高光合能力品种的选择指标. R4 和 R6 期根系伤流液中可溶性糖含量急剧下降,推测与地上部分供给根系的光合产物减少导致生育后期根系的早衰和光合能力的下降有关.

参考文献:

[1] 王晓慧,徐克章,张治安,等. 不同年代大豆品种苗期叶片保护酶活性及膜脂过氧化作用[J]. 中国油料作物学报, 2006, 28(4): 417-420.

[2] 王晓慧,徐克章,李大勇,等. 大豆品种遗传改良过程中叶片可溶性糖含量和比叶重的变化[J]. 大豆科学, 2007, 26(6): 879-884.

[3] 李大勇,徐克章,张治安,等. 新老大豆品种叶片光合特性的比较[J]. 中国油料作物学报, 2007, 29(3): 281-285.

[4] 庄波,徐克章,杜双洋,等. 新、老大豆品种冠层产量和光合作用的比较[J]. 华南农业大学学报, 2010, 31(1): 6-9.

[5] VOLGENG H D, COBER E R, HUME D J, et al. Fifty-eight years of genetic improvement of short-season soybean cultivars in Canada[J]. Crop Sci, 1997, 37(2): 428-431.

[6] USTUN A, ALLEN F L, ENGLISH B C. Genetic progress in soybean of the U. S. Midsouth[J]. Crop Sci, 2001, 41(4): 993-998.

[7] 赵洪祥,徐克章,杨光宇,等. 吉林省 82 年来育成大豆品种的产量和叶片部分生理特性变化及其相互关系[J]. 作物学报, 2008, 34(7): 1259-1265.

[8] 田伟华,徐克章,郇鑫,等. 吉林省不同年代育成大豆

- 品种某些农艺性状的变化[J]. 中国油料作物学报, 2007, 29(4): 397-401.
- [9] KUMUDINI S, HUME D J, GODFREY C. Genetic improvement in short season soybeans: I: Dry matter accumulation, partitioning, and leaf area duration[J]. *Crop Sci*, 2001, 41(2): 391-398.
- [10] 郑洪兵, 徐克章, 赵洪祥, 等. 吉林省不同年代大豆品种某些株型性状的演变[J]. 中国油料作物学报, 2006, 28(3): 276-281.
- [11] 于岩, 孙秀波, 车远远, 等. 去果、枝条环剥和新梢套袋后桃树叶片可溶性糖含量的变化对光合作用的影响[J]. 西北农业学报, 2011, 20(3): 168-174.
- [12] KOCH K E. Carbohydrate-moldulated gene expression in plants[J]. *Annu Rev Plant Phys*, 1996, 47: 509-540.
- [13] 王熹, 陶龙兴, 黄效林, 等. 灌溉稻田水稻旱作技术要素及产量形成[J]. 中国农业科学, 2004, 37(9): 1274-1281.
- [14] 洪彦彬, 周桂元, 李少雄, 等. 花生根部特征与地上部分性状的相关性分析[J]. 热带作物学报, 2009, 30(5): 657-660.
- [15] BLANCO I A, RAJARAM S, KRONSTAD W E, et al. Physiological performance of synthetic hexaploid wheat-derived populations [J]. *Crop Sci*, 2000, 40(5): 1257-1263.
- [16] 傅金民, 董钻. 大豆根系生长及其与产量的关系[J]. 大豆科学, 1987, 6(4): 261-279.
- [17] 王法宏, 郑丕尧, 王树安, 等. 大豆不同抗旱性品种根系性状的比较研究[J]. 中国油料, 1989, 36(1): 32-37.
- [18] 王法宏. 夏大豆根系生长的初步研究[J]. 莱阳农学院学报, 1990, 7(1): 24-27.
- [19] 亓新华, 董树婷. 小麦伤流液及其与地上不关系[J]. 中国农业科学, 1981(3): 33-38.
- [20] 左文博, 吴静丽, 扬奇, 等. 干旱胁迫对小麦根系活力和可溶性糖含量的影响[J]. 华北农学报, 2010, 25(6): 191-193.
- [21] 王志芬, 陈学留, 余美炎, 等. 不同穗型的两个冬小麦品种根系活力、光合特性及物质分配变化的比较研究[J]. 作物学报, 1997, 23(5): 607-614.
- [22] 邹定辉, 萧凯, 张荣铤, 等. 小麦生育后期根系活性变化的研究[J]. 湖南农业大学学报, 1996, 22(5): 427-432.
- [23] 徐克章. 大豆品质产量遗传改良过程中某些生理性状的变化[J]. 吉林农业大学学报, 2008, 30(4): 407-414.
- [24] 刘国宁, 张治安, 徐克章. 吉林省不同年代育成大豆品种某些农艺性状和生理性状的比较(英文)[J]. 大豆科学, 2009, 28(3): 415-420.
- [25] 张自常, 孙小淋, 陈婷婷, 等. 覆盖旱种对水稻产量与品质的影响[J]. 作物学报, 2010, 36(2): 285-295.
- [26] 姚万山, 宋连启, 郭宏敏, 等. 夏玉米高产群体生理动态质量指标的研究[J]. 华北农学报, 1999, 14(4): 55-59.
- [27] 孙庆泉, 胡昌浩, 董树亭, 等. 我国不同年代玉米品种生育全程根系特性演化的研究[J]. 作物学报, 2003, 29(5): 641-645.
- [28] TATÁR E, MIHUCZ V G, VARGA A, et al. Effect of lead, nickel and vanadium contamination on organic acid transport in xylem sap of cucumber[J]. *J Inorg Biochem*, 1999, 75(3): 219-223.
- [29] KATO C, OHSHIMA N, KAMADA H, et al. Enhancement of the inhibitory activity for greening in xylem sap of squash root with waterlogging[J]. *Plant Physiol Biochem*, 2001, 39(6): 513-519.
- [30] RODRÍGUEZ-NAVARRO D N, SANTAMARÍA C, TEMPRANO F, et al. Interaction effects between *Rhizobium* strain and bean cultivar on nodulation, plant growth, biomass partitioning and xylem sap composition[J]. *Eur J Agron*, 1999, 11(2): 131-143.
- [31] 孙苗苗, 邓宏中, 徐克章, 等. 不同年代大豆品种伤流液重量的变化及其与叶片光合的关系[J]. 大豆科学, 2011, 30(5): 795-799.
- [32] 苗以农, 石连旋. 大豆生理学[M]. 长春: 吉林科学技术出版社, 2008: 160.
- [33] 刘厚诚, 关佩聪, 陈日远. 长豇豆叶片¹⁴C 光合产物运转与分配的研究[J]. 核农学报, 1996, 10(1): 30-34.
- [34] 乔云发, 韩晓增, 苗淑杰, 等. 黑土区长期施肥对大豆光合产物分配的影响(英文)[J]. 大豆科学, 2009, 28(3): 478-482.
- [35] 张恒善, 高维三. 丰产大豆干物质生产与分配特点的研究[J]. 大豆科学, 1983, 2(1): 75-82.
- [36] 曹嘉喜, 王瑞舫, 郑丕尧. 夏大豆植株地上部各器官的生育进程及其对产量形成的影响[J]. 中国油料, 1988, 35(1): 25-29.

【责任编辑 周志红】