

适宜密度单粒精播提高花生碳氮代谢酶活性及荚果产量与籽仁品质

梁晓艳^{1,2,3}, 郭峰^{2,3§*}, 张佳蕾^{2,3}, 孟静静^{2,3}, 李林¹, 万书波^{3,4*}, 李新国^{2,3*}

(1. 湖南农业大学农学院, 湖南长沙, 410128; 2. 山东省农业科学院生物技术研究中心, 山东济南, 250100; 3. 山东省作物遗传改良与生态生理重点实验室, 山东济南, 250100; 4. 山东省农业科学院, 山东济南, 250100)

摘要:在大田条件下,以大粒品种花育22(HY22)和小粒品种花育23(HY23)为材料,研究高、中、低不同密度单粒精播对花生叶片碳氮代谢酶活性及荚果产量与籽仁品质的影响。结果表明:与传统双粒播种相比,中、低密度的单粒精播处理显著提高了花生生育后期叶片的碳氮代谢水平。其中蔗糖合成酶(SS)、蔗糖磷酸合成酶(PS)、硝酸还原酶(NR)、谷氨酰胺合成酶(GS)及谷氨酸脱氢酶(GDH)活性均得到不同程度的提高,而高密度单粒精播处理与对照之间差异不显著。大粒品种HY22和小粒品种HY23,荚果产量均以中密度单粒精播处理(22.5万粒·hm⁻²和25.5万粒·hm⁻²)的最高,分别增产8.1%、7.3%。从产量构成因素分析,中密度的单粒精播处理荚果产量的提高主要依赖于单株结果数、荚果饱满率及果重的提高。另外,大粒品种的中、低密度单粒精播处理同时改善了花生籽仁品质,而小粒品种各处理间籽仁品质差异不显著。

关键词:花生;种植密度;单粒精播;碳氮代谢;产量;品质

中图分类号:S565.201;S311 **文献标识码:**A **文章编号:**1007-9084(2016)03-0336-08

Effects of single – seed sowing density on characteristics related to yield and quality of peanut (*Arachis hypogaea* L.)

LIANG Xiao – yan^{1,2,3}, GUO Feng^{2,3§}, ZHANG Jia – lei^{2,3}, MENG Jing – jing^{2,3}, LI Lin¹, WAN Shu – bo^{3,4*}, LI Xin – guo^{2,3*}

(1. College of Agronomy, Hu’nan Agricultural University, Changsha 410128, China;
2. Biotechnology Research Center of Shandong Academy of Agricultural Sciences, Ji’nan 250100, China;
3. Shandong Provincial Key Laboratory of Crop Genetic Improvement, Ecology and Physiology, Ji’nan 250100, China;
4. Shandong Academy of Agricultural Sciences, Ji’nan 250100, China)

Abstract: Large – seed peanut variety HY22 and small – seed peanut variety HY23 were used to investigate the effects of single – seed sowing with high, medium and low density on activities of key enzymes of carbohydrate and nitrogen metabolism in leaves, pod yield and kernel quality of peanut in field experiment. The results showed that carbohydrate and nitrogen metabolism level were significantly improved, activity of nitrate reductase (NR), glutamine synthase (GS), glutamate dehydrogenase (GDH), sucrose synthase (SS) and sucrose phosphate synthase (SPS) in leaves were significantly increased in single – seed sowing with medium and low density during the growing stage, while single – seed sowing treatment with high density had no evident difference compared with CK. For large – seed variety HY22 and small – seed variety HY23, under medium density in single – seed sowing, both of their pod yield were the highest with 8.1% , 7.3% increase respectively. The yield increase could be attributed to the higher pod number per plant, full – pod rate and higher pod weight. The kernel quality of large seed variety- HY22, were improved at medium and low density in single – seed sowing, while the kernel quality of small-seed va-

收稿日期:2015-12-29
基金项目:国家自然科学基金(31571605、31571581);国家科技支撑计划(2014BAD11B04);现代农业产业技术体系建设专项(CARS-14);山东省农业科学院青年科研基金(2014QNM38、2015YQN02、2015YQN12);山东省农业重大应用技术创新课题及山东省良种工程
作者简介:梁晓艳, E – mail: liangxiaoyan1001@163.com, § 同等贡献
* 通讯作者:万书波, E – mail: wansb@saas.ac.cn;李新国, E – mail: xinguo@163.com

riety HY23 showed no significant difference under the same condition.

Key words: Peanut; Planting density; Single seed sowing; Carbohydrate and nitrogen metabolism; Yield; Quality

碳氮代谢作为作物体内最基本的代谢途径,直接影响作物的生长发育、产量与品质。研究表明,过高或过低的种植密度都会影响叶片的光合速率、碳素和氮素的合成、运转,导致群体发育不良^[1],而适宜的种植方式及密度既保持了营养体较高的碳氮积累量,又使碳氮运转率不至于过高,避免生育后期叶片早衰^[2]。碳氮代谢关键酶活性是反映作物碳氮代谢协调程度及作物产量形成能力的关键指标。

花生是我国重要的油料作物与经济作物,提高花生产量与品质对于保障我国食用油脂安全、增加出口创汇具有重要意义。生产上,花生传统习惯于每穴双粒种植,较单粒种植可有效减少缺苗断垄的发生,但双株之间过窄的株距及较大的种植密度容易造成植株间竞争加剧,个体发育受到限制,生育中、后期群体环境恶化,导致叶片过早衰老,影响花生产量的进一步提高^[3~5]。近年来,花生单粒精播技术得到大面积的推广应用,该技术改传统的双粒穴播为单粒精播,减少穴播粒数的同时增加穴数,不仅降低了用种量,而且有利于实现花生的机械化操作^[6,7]。目前,关于单粒精播的研究已有不少报道,

但主要集中于植株地上部农艺性状及根系对肥料、密度等响应方面^[8~11]。本研究旨在探明不同密度单粒精播对花生产量与品质的调控效应及其碳氮代谢酶活性变化特征,从而为实现花生高产、优质栽培提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

试验于2013-2014年在山东省农业科学院饮马泉试验基地进行。试验田为地势平坦、灌排良好、土壤肥沃的沙壤土高产田,前茬作物为玉米。耕层土壤含有机质1.1%、碱解氮82.7mg·kg⁻¹、速效磷36.2mg·kg⁻¹、速效钾94.5mg·kg⁻¹,交换性钙14.9g·kg⁻¹。供试花生品种为大粒型品种花育22和小粒型品种花育23。

1.2 试验设计

根据大粒型和小粒型花生品种的生长特性分别设置高、中、低3个密度的单粒精播处理,分别以各自生产的双粒穴播(常规播种密度)为对照。试验处理具体设置如下(表1)。

表1 试验各处理种植要求
Table 1 Planting requirement of each treatment

品种 Variety	处理 Treatment	播种方式 Sowing pattern	穴距 Holes spacing/cm	播种密度 Planting density / (× 10 ⁴ seeds · hm ⁻²)
HY22	22CK	粒播 Double - seed	18.6	27.0
	22S1	单粒播 Single - seed	9.3	27.0
	22S2	单粒播 Single - seed	11.1	22.5
	22S3	单粒播 Single - seed	13.9	18.0
	23CK	双粒播 Double - seed	16.6	30.0
HY23	23S1	单粒播 Single - seed	8.3	30.0
	23S2	单粒播 Single - seed	9.8	25.5
	23S3	单粒播 Single - seed	11.9	21.0

试验采用随机区组设计,每小区8垄,垄长7.0 m,垄距80cm,垄上行距30cm,各设3次重复。播种前基施腐熟鸡粪12t·hm⁻²,氮(N)90kg·hm⁻²,磷(P₂O₅)120kg·hm⁻²,钾(K₂O)150kg·hm⁻²和缓控释氮肥90kg·hm⁻²,其他栽培管理按花生高产要求进行。2013年5月3日播种,9月4日收获,2014年5月1日播种,9月2日收获。为防止花生缺苗断垄,提高试验的精确度,试验选用的种子经过严格的筛选与处理。首先,荚果采取人工剥壳,之后细心挑选颜色鲜艳饱满,大小均匀一致的一级米作为种子。其次,为了确保种子质量,进行发芽率试验,要求发

芽率达到100%。另外,为了防止病虫害对种子危害,采用50%多菌灵可湿性粉剂和50%辛硫磷拌种,晾干后播种。

1.3 碳氮代谢酶测定

1.3.1 取样 以主茎倒三叶为研究对象,分别于出苗后30d(苗期)、50d(开花期)、70d(结荚期)、90d(饱果期)、110d(成熟期)采集每个小区的样品,每个小区取3份样品,每份样品分别分成两部分,一部分用液氮速冻后置于超低温冰箱(-70℃)保存,供测定谷氨酰胺合成酶(GS)、谷氨酸脱氢酶(GDH)、蔗糖合成酶(SS)、蔗糖磷酸合成酶(SPS)活性,另一

部分置于4℃保鲜盒带回实验室,用于硝酸还原酶活性(NR)的测定。

1.3.2 测定方法 硝酸还原酶(NR)活性测定采用上海植物生理学会(1999)的方法^[12]。谷氨酰胺合成酶(GS)和谷氨酸脱氢酶(GDH)活性测定参照文献[13]的方法略作改动。

GS测定:称取1.0g鲜样,加3mL pH8.0的0.05 mol/L Tris-HCl 缓冲液(内含2mmol/L DTT,0.4 mol/L的蔗糖)冰浴研磨,4℃下5 000r/min 离心20min,取上清液0.7mL,加入0.7mL 40mmol/L ATP和1.6mL 反应液A(内含80mmol/L Mg²⁺,20mmol/L 谷氨酸钠盐,20mmol/L 半胱氨酸、2mmol/L EDTA和80mmol/L 盐酸羟胺),37℃保温30min,加1mL 显色剂(内含0.2mol/L TCA,0.37mol/L FeCl₃和0.6mol/L HCl)摇匀放置片刻,5 000r/min 离心10min,取上清液在540nm处测吸光度,以加反应液B(反应液A不加盐酸羟胺)为对照。

GDH测定:称取新鲜材料1.0g,加8mL 0.2mol/L pH 8.2 Tris-HCl 缓冲液冰浴研磨,4℃下15 000r/min 离心20min,1mL 上清液加2mL 反应液A(60μmol/L L-谷氨酸+1.6μmol/L NAD+360μmol/L Tris-HCl 缓冲液),以加反应液B(1.6μmol/L NAD+360μmol/L Tris-HCl 缓冲液)为对照于340nm比色,每隔30s记录一次OD值,共记录4次。

蔗糖合成酶(SS)、蔗糖磷酸合成酶(PPS)活性参照上海植物生理学会^[12]的方法测定。

1.4 产量及产量构成因素的测定

收获时每小区选取生长整齐一致的花生植株6棵,考察单株结果数,烘干后测定单株荚果产量。群体荚果产量和群体生物量采取小区测产,各小区选取两垄生长均匀一致的花生2m进行收获,然后摘

果、风干,测定荚果产量及总生物产量;经济系数由群体荚果产量与群体生物量的比值得出。从每小区收获荚果中随机取500g考种,计算千克果数、饱果率等。

1.5 籽仁品质

在各处理自然风干荚果中选取均匀一致的荚果脱壳,用瑞士波通公司生产的多功能谷物近红外分析仪(DA7250)测定各处理籽仁的蛋白质、脂肪、油酸、亚油酸及氨基酸含量,以及O/L值等。

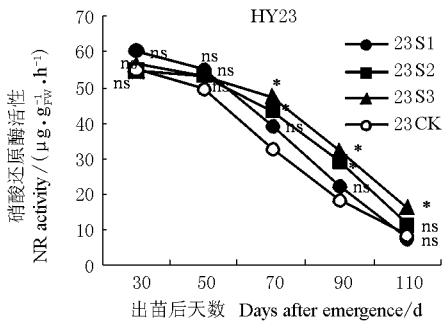
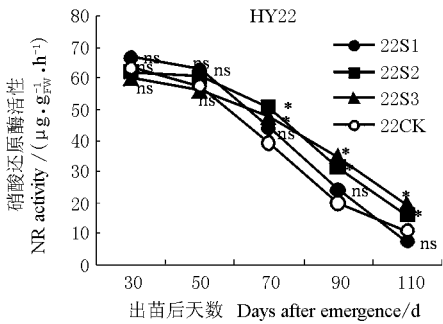
1.6 数据分析

采用Microsoft Excel 2003 处理数据和作图;采用SPSS 19.0 软件统计分析和检验显著性。

2 结果与分析

2.1 不同密度单粒精播对花生叶片氮代谢酶活性的影响

2.1.1 NR活性 NR活性的高低控制着整个同化过程,其强弱在一定程度上反映了蛋白质合成和氮代谢活性。由图1可以看出,在花生生育期内,两类粒型品种花生功能叶片中NR活性的变化趋势基本一致,均呈逐渐下降的趋势。花生生育前期(出苗后30~50d)各处理之间NR活性没有显著性差异,随着生育进程的推进,NR活性逐渐下降。其中,大粒品种花育22高密度单粒精播处理22S1和22CK的活性均下降较快,二者在生育后期(出苗后70~90d)无显著差异,而中、低密度的单粒精播处理22S2和22S3的叶片NR活性下降速度均低于22CK,因此,在花生进入结荚期(出苗后70d)之后,二者NR活性均高于22CK,这说明适当降低密度的单粒精播处理能明显提高花生生育后期的叶片NR活性。两类粒型品种花生表现一致。



注: * 表示在0.05水平差异显著; ns:无显著差异。下同
Note: * indicate significant difference at 0.05 level; ns:no significant difference. Same as below

图1 不同密度单粒精播条件下两品种花生叶片NR活性

Fig.1 NR activity in leaves of 2 peanut cultivars under single-seed sowing with different density

2.1.2 GS 活性 GS 是参与氮代谢的多功能酶,其活性高低影响着部分糖代谢和其他多种氮代谢酶。由图 2 看出,大粒品种 HY22 和小粒品种 HY23 在生育期内叶片 GS 活性具有相似的变化趋势,均呈先升高后降低的趋势,出苗后 70d 左右达到最大值,各时期内不同密度单粒精播处理之间 GS 活性存在明显差异。对于大粒品种 HY22, 22S1、22S2 及 22S3 在生育前期(出苗后 50~70d)叶片 GS 活性均

显著高于 22CK,出苗 70d 之后, 22S1 处理与 22CK 活性均下降较快,而中、低密度的单粒精播处理 22S2 和 22S3 活性下降缓慢,仍保持较高的活性;对于小粒品种 HY23,中、低密度单粒精播处理 23S2 和 23S3 的 GS 活性在出苗 50d 之后均显著高于 23CK,而高密度单粒精播处理 23S1 活性与 23CK 在整个生育期内均无显著差异。

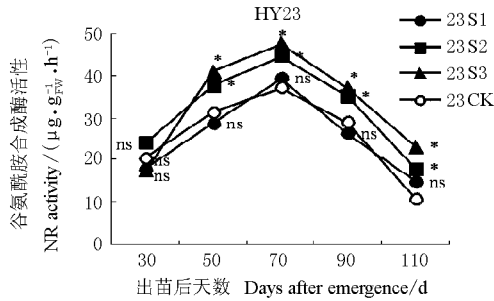
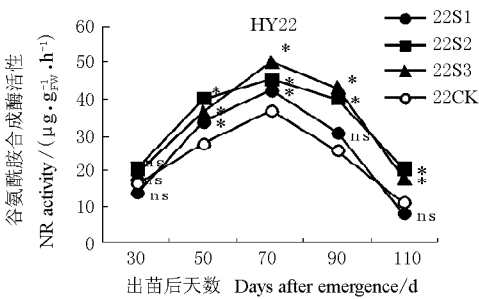


图 2 不同密度单粒精播条件下两品种花生叶片 GS 活性
Fig. 2 GS activity in leaves of 2 peanut cultivars under single – seed sowing with different density

2.1.3 GDH 活性 GDH 一般参与氨基酸降解过程的氧化脱氨作用,在作物衰老和环境胁迫时,GDH 在氮的再同化中起重要作用,尤其是在作物果实发育后期对于催化合成谷氨酸具有重要作用。由图 3 看出,两类粒型品种花生叶片 GDH 活性变化均呈先降低后升高再降低的波浪形变化趋势,但是两种品种最高值出现的时期不同,大粒品种 HY22 各处理的 GDH 活性最大值出现在出苗后 90d 左右,而小粒品种 HY23 的 GDH 活性最大值出现在出苗后 70d 左右。同一时期内不同处理之间 GDH 活性也存在

差异,在整个生育期,高密度单粒精播处理 22S1 和 23S1 分别与各自对照之间无显著差异,而中、低密度单粒精播处理 22S2、22S3 和 23S2、23S3 的叶片 GDH 活性在生育后期(出苗 70~90d)均显著高于各自对照,出苗后 90d 左右,大粒品种单粒精播处理 22S2 和 22SS3 的叶片 GDH 活性分别比对照高 15.5% 和 20.5%,而小粒品种单粒精播处理 23S2 和 23S3 的 GDH 活性分别比对照高 17.4% 和 25.9%。

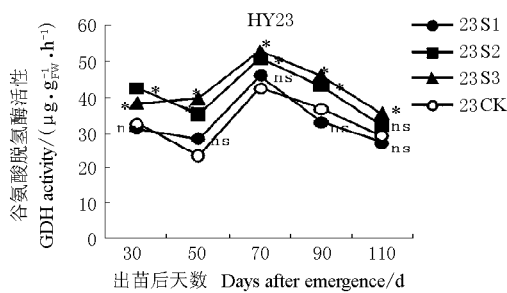
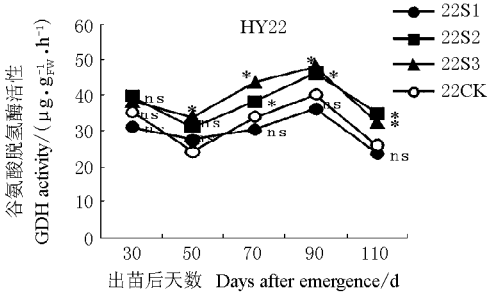


图 3 不同密度单粒精播条件下两品种花生叶片 GDH 活性
Fig. 3 GDH activity in leaves of 2 peanut cultivars under single – seed sowing with different density

2.2 不同密度单粒精播对花生叶片碳代谢酶活性的影响

2.2.1 SS 活性 图 4 表明,两类粒型品种花生叶片 SS 活性在花生整个生育期内均呈先升高后降低的趋势,而同一时期内,不同处理之间表现不同。整个生育期内,大粒品种 HY22 在单粒精播处

理 22S1 条件下叶片 SS 活性与 22CK 之间无显著差异,而中、低密度单粒精播处理 22S2 和 22S3 在出苗后 50d 到出苗后 90d 叶片 SS 活性均显著高于 22CK,这说明单粒精播条件下适当降低密度能明显提高花生生育期内叶片 SS 活性;小粒品种 HY23 与大粒品种 HY22 表现基本一致。

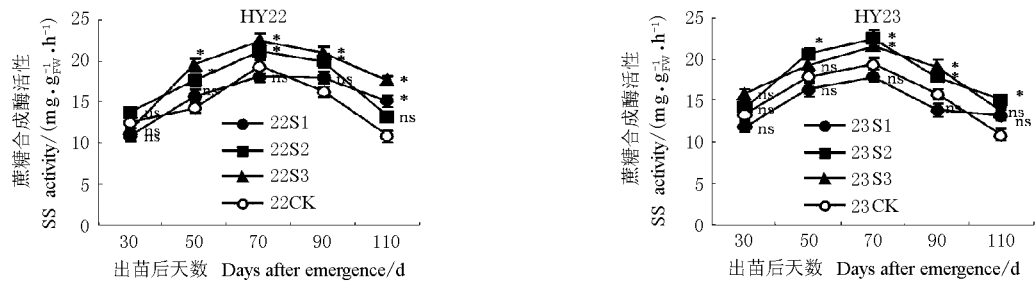


图 4 不同密度单粒精播对两类粒型品种花生叶片 SS 活性的影响
Fig. 4 SS activity in leaves of 2 peanut cultivars under single – seed sowing with different density

2.2.2 SPS 活性 SPS 是以 UDPG 为供体的糖转移酶,在碳代谢的调节中,通过调节蔗糖合成而起关键性作用。图 5 表明,花生生育期内,大粒品种 HY22 和小粒品种 HY23 不同处理叶片 SPS 活性均呈先升高后降低的趋势,不同的是 HY22 各处理的叶片 SPS 活性最大值出现在出苗后 70d,而 HY23 各

单粒精播处理的叶片 SPS 活性最大值出现在出苗后 50d,23CK 最大值出现在出苗后 70d。两个品种一致的是,中、低密度单粒精播处理均能显著提高叶片 SPS 活性,出苗后 50d 到出苗后 90d 表现较为明显,而高密度单粒精播处理仅在出苗后 50d 左右显著高于对照,其它时期差异均不显著。

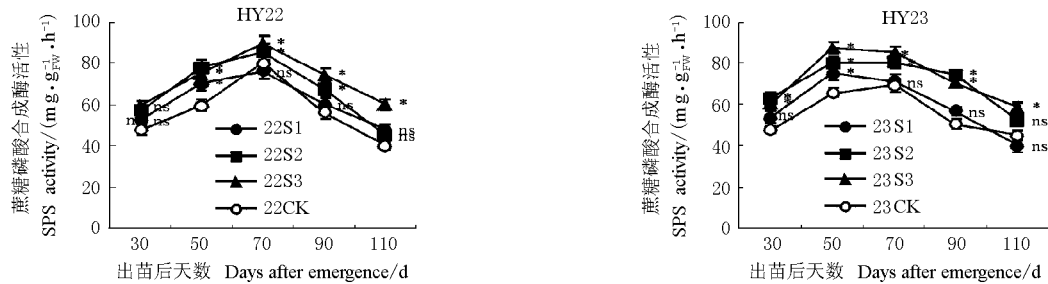


图 5 不同密度单粒精播对两类粒型品种花生叶片 SPS 活性的影响
Fig. 5 SPS activity in leaves of 2 peanut cultivars under single – seed sowing with different density

2.3 不同密度单粒精播对花生产量及产量构成因素的影响

由表 2 看出,同一品种内,不同密度单粒精播处理的花生产量与传统双粒播之间表现不同。大粒品种 HY22 的中密度单粒精播处理 22S2 能显著提高荚果产量,与 22CK 相比增产 8.1%;高密度单粒精播处理 22S1 与对照相比增产 2.5%,未达到显著水平;而低密度单粒精播处理 22S3 产量略有降低,但差异不显著。从产量构成因素分析,中密度单粒精播处理 22S2 的单株结果数,千克果数及饱果率均显著高于 22CK,单株产量提高 31.0%,群体生物产量与 22CK 之间无显著差异,但经济系数显著提高。而低密度单粒精播处理 22S3 虽然具有较高的经济系数,但是,群体生物量低于其它处理;高密度单粒精播处理 22S1 的单株产量略有增加,但差异不显著,其它产量构成因素与 22CK 之间均无显著差异。与大粒品种 HY22 一致,小粒品种 HY23 的各单粒精播处理中只有中密度单粒精播处理 23S2 能显著

提高花生产量,增产 7.3%,而高密度和低密度单粒精播处理 23S1 和 23S3 产量反而略有降低,这说明改双粒穴播为单粒精播,要根据品种特性采取适宜的种植密度才有利于产量的提高。

2.4 不同密度单粒精播对花生籽仁品质的影响

表 3 表明,不同密度单粒精播对花生籽仁品质的影响因品种不同而存在差异,对于大粒品种 HY22,中、低密度的单粒精播处理 22S2 和 22S3 均显著提高了花生籽仁中蛋白质、脂肪、油酸及总氨基酸的相对含量,同时降低了籽仁中亚油酸的相对含量,提高了 O/L 值,改善了花生的籽仁品质,高密度单粒精播处理 22S1 中籽仁品质与对照相比差异不显著;而对于小粒品种 HY23,不同密度单粒精播处理 23S1、23S2 及 23S3 与对照 23CK 之间花生籽仁品质均无显著差异。这说明在该试验条件下,适宜密度的单粒精播处理能改善大粒品种 HY22 的籽仁品质,而对小粒品种 HY23 籽仁品质无明显影响。

表 2 不同密度单粒精播对花生荚果产量及产量构成因素的影响
Table 2 Effects of single – seed sowing with different density on pod yield and yield component of peanut

品种 Cultivar	处理 Treatment	单株结果数 Pods per plant	单株产量 Pod weight per plant/g	千克果数 Pods per kg	饱果率 Full – pod rate/%	生物产量 Biomass production / (kg · hm ⁻²)	荚果产量 Pod yield / (kg · hm ⁻²)	经济系数 Economic index
HY22	22CK	13.9b	21.6b	556.1a	51.2b	11412a	5478b	0.48b
	22S1	14.1b	22.2b	564.2a	50.6b	11463a	5617b	0.49b
	22S2	17.5a	28.3a	511.4b	54.8a	11607a	5920a	0.51a
	22S3	18.6a	31.2a	504.6b	55.4a	10203b	5306b	0.52a
	23CK	13.5b	18.8b	681.6a	59.3b	10665a	5226b	0.49b
HY23	23S1	13.3b	18.3b	670.4ab	58.8b	10204a	5102b	0.50b
	23S2	16.2a	23.3a	659.2b	60.2ab	10784a	5608a	0.52a
	23S3	16.8a	25.1a	658.8b	61.4a	9460b	5014b	0.53a

注:同列不同小写字母表示差异达 5% 显著水平
Note: Values followed by different lower case letters in the same column indicated significant difference at 0.05 level. Same as below

表 3 不同密度单粒精播下花生籽仁品质
Table 3 Kernel quality of peanut under single – seed sowing with different density

品种 Variety	处理 Treatment	蛋白含量 Protein content/%	脂肪含量 Fat content/%	油酸 Oleic acid content/%	亚油酸 Linoleic acid content/%	总氨基酸 Total amino acids content/%	油酸/ 亚油酸 O/L
HY22	22CK	21.68b	51.69b	41.86b	37.41a	19.62b	1.12b
	22S1	22.11b	52.01b	43.78a	36.12b	19.99b	1.21b
	22S2	23.78a	54.84a	47.24a	33.27b	21.16a	1.42a
	22S3	24.59a	55.48a	46.49a	33.83b	22.09a	1.37a
	23CK	24.83a	53.96a	40.32a	37.48a	21.97a	1.10a
HY23	23S1	25.18a	53.17a	39.42a	38.97a	21.78a	1.01a
	23S2	25.23a	53.22a	39.89a	38.56a	22.98a	1.01a
	23S3	25.11a	53.78a	40.89a	37.89a	22.73a	1.08a

注:油酸、亚油酸相对含量是其占各脂肪酸组分总量的比例
Note:Oleic acid and linoleic acid data were their relative amount

3 讨论与结论

碳氮代谢直接影响着作物产量和品质的生理过程,但受品种特性、气候因素、栽培条件等诸多因素影响^[14~17]。研究表明,碳氮代谢受种植方式影响显著,适宜的密度、优良的田间群体环境均能提高植株氮累积量^[18~20]。籽粒中碳、氮的来源可通过叶片的碳同化、根系氮吸收及营养体碳、氮向籽粒转移而满足^[21]。叶片是花生光合作用的主要场所,也是碳氮代谢的主要部位,叶片中的 SS、SPS、NR、GS、GDH 是催化合成碳氮代谢产物可溶性糖、蛋白质和氨基酸的关键酶,在碳氮代谢过程发挥着重要作用。

NR 是植物 NO₃⁻ – N 同化的限速酶,因而是氮代谢的关键酶,叶片中 NR 活性的高低控制着整个同化过程,其强弱在一定程度上反映了光合作用、呼吸作用及蛋白质合成的强度^[22]。研究表明:NR 活性受到组织衰老程度、供氮状况、种植密度等条件的影响,幼嫩组织中的 NR 活性较高,且随着叶片的衰老,活性逐渐降低,另外,供氮量的增加或密度的降低均能提高叶片的 NR 活性^[23,24]。本研究结果表明,叶片 NR 活性在花生生育期内呈逐渐降低的趋势,中、低密度的单粒精播处理下降较为缓慢,生育

后期二者的 NR 活性显著高于对照,这说明中、低密度的单粒精播处理延缓了叶片的衰老,原因可能与该处理下良好的冠层微环境有关。GS 为氮代谢中心的多功能酶,参与调节多种氮代谢过程,其活性降低可使细胞内多种氮代谢酶和部分糖代谢受到严重影响^[22]。GDH 在氨的再同化中起重要作用,尤其是在作物果实发育后期对于催化合成谷氨酸具有重要作用。因此,GDH 活性的高低直接影响到作物籽粒蛋白质的合成。本试验条件下,中、低密度的单粒精播处理均显著提高了两类粒型品种花生叶片的 GS 和 GDH 活性,可能与较高的 NR 活性有关,因为 NR 活性的增加可以诱导 GS 和 GDH 活性的增加^[25~27]。由此看出,单粒精播条件下,适当地降低密度有利于提高花生整个生育期叶片的氮代谢效率,这为花生籽仁蛋白质含量及产量的提高提供代谢基础,这一点与小麦和油菜类似^[27,28]。SS 和 SPS 是催化蔗糖合成的关键酶,其活性大小与同化物积累、输出能力有关,提高这两种酶的活性,能够促进籽粒中碳水化合物的合成与积累。本研究表明,中、低密度的单粒精播处理花生叶片的 SS 及 SPS 活性显著提高,这说明适宜密度的单粒精播处理促进了花生叶片中蔗糖的合成以及籽仁中碳水化合物的合

成与积累,为籽仁中脂肪含量的增加提供了代谢基础。

从荚果产量分析,大粒品种 HY22 和小粒品种 HY23 各处理间均表现为中密度单粒精播处理花生产量最高,与各自对照相比,分别增产 8.1% 和 7.3%。花生单位面积产量由种植密度、单株结果数和果重三个因素构成^[29]。中密度单粒精播处理之所以能够获得较高的产量,原因在于合理的播种方式及适宜的种植密度充分发挥了花生的单株生产力,提高了花生单株结果数及荚果饱满率,增加了果重,单株产量的提高幅度大于密度降低所带来的产量损失。中密度的单粒精播处理在保证足够的生物量的基础上,提高了花生的经济系数。大粒品种 HY22 与小粒品种 HY23 相比,生产潜力较大,因此,在中、低密度的单粒精播条件下增产幅度更大。而低密度的单粒精播处理虽然也具有较高的单株产量,但是由于种植密度较小,所以群体产量较低;而高密度的单粒精播处理由于密度过大,植株间距过小,单株产量难以大幅度提高,所以群体产量与传统双粒穴播相比,也无显著提高。

较高的荚果饱满度与成熟度是花生单株产量提高的一个重要因素,而花生籽仁的饱满可能与花生品质有关,总脂肪含量和蛋白质含量越高,花生越饱满。本研究结果表明,不同密度单粒精播对花生籽仁品质的影响因品种不同而存在差异,对于大粒品种 HY22,中、低密度的单粒精播处理提高了花生籽仁中脂肪及蛋白质含量,而对小粒品种 HY23,不同密度单粒精播处理对花生籽仁品质并无显著影响,这可能与不同品种花生籽仁品质对密度调控的响应差异有关。邱庆树等^[30]对多个品种研究发现,种子成熟度好的花生(一级米),脂肪含量均高于成熟度次的(二级米)和差的(三级米),平均分别高 3.39% 与 6.17%。HY22 属于大粒型花生品种,与小粒品种 HY23 相比,籽粒的饱满度具有更大的提升空间,因此,籽仁品质可能更易受密度的影响,而目前关于密度对花生籽仁品质影响的研究报道较少,有的研究者认为,密度对花生籽仁的蛋白质及脂肪含量的无显著影响^[31,32],与本研究结果不同,这可能与不同的品种及试验设置的不同密度范围有关,而关于密度对花生品质影响的作用机制还需要进一步深入研究。

综上所述,在地力水平较高、正常灌溉条件下,由传统的高密度双粒穴播改为中密度单粒精播,能提高花生生育期内叶片的碳氮代谢水平,促进籽仁中蛋白质与脂肪的合成与积累,提高荚果的饱满度

和经济系数,最终提高花生产量,其中,大粒、单株生产潜力大的品种效果更好。

参考文献:

- [1] 吕丽华,陶洪斌,王 璞,等. 种植密度对夏玉米碳氮代谢和氮利用率的影响[J]. 作物学报,2008,34(4): 718-723.
- [2] 孙 羲. 植物营养原理[M]. 北京:中国农业出版社,1997.
- [3] 王才斌,成 波,迟玉成,等. 高产花生单粒植群体密度研究[J]. 花生科技,1996(3):17-19.
- [4] 宋 伟,赵长星,王月福,等. 不同种植方式对花生田间小气候效应和产量的影响[J]. 生态学报,2011,31(23):7188-7195.
- [5] 梁晓艳,郭 峰,张佳蕾,等. 单粒精播对花生冠层微环境、光合特性及产量的影响[J]. 应用生态学报,2015,26(12):3700-3706.
- [6] 李安东,任国卫,王才斌,等. 花生单粒精播高产栽培生育特点及配套技术研究[J]. 花生学报,2004,33(2):17-22.
- [7] 冯 烨,李宝龙,郭 峰,等. 单粒精播对花生活性氧代谢、干物质积累和产量的影响[J]. 山东农业科学,2013,45(8):42-46.
- [8] 郭 峰,万书波,王才斌,等. 不同类型花生单粒精播生长发育、光合性质的比较研究[J]. 花生学报,2008,37(4):18-21.
- [9] 郑亚萍,许婷婷,郑永美,等. 不同种植模式的花生单粒精播密度研究[J]. 亚热带农业研究,2012,8(2):82-84.
- [10] 郑亚萍,王才斌,成 波,等. 不同品种类型花生精播肥料与密度的产量效应及优化配置研究[J]. 干旱地区农业研究,2007,25(1):201-205.
- [11] 冯 烨,郭 峰,李宝龙,等. 单粒精播对花生根系生长、根冠比和产量的影响[J]. 作物学报,2013,39(12):2228-2237.
- [12] 上海植物生理学会. 植物生理学实验手册[M]. 上海:上海科学技术出版社,1999. 115-1501.
- [13] Cren M, Hirel B. Glutamine synthetase in higher plant: regulation of gene and protein expression from the organ to the cell[J]. Plant Cell Physiol, 1999, 40: 1187-1193.
- [14] Jadhav B B, Sengupta U K, Sharma A. Effect of light intensity on translocation of assimilates in peanut[J]. Ind J Plant Physiol, 1993, 36(2):128-130.
- [15] Subramanian V B, Reddy G J, Maheswari M. Photosynthesis and plant water status of irrigated and dry land cultivars of groundnut[J]. Ind J Plant Physiol, 1993, 36(4):236-238.
- [16] Wright G C, Hammer G L. Distribution of nitrogen and

- radiation use efficiency in peanut canopies[J]. Aust J Agric Res, 1994, 45(3): 565 – 574.
- [17] 郭 峰, 万书波, 王才斌, 等. 麦套花生氮素代谢及相关酶活性变化研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2009, 15(2): 416 – 421.
- [18] 赵会杰, 薛延丰, 董中东, 等. 密度及追氮时期对大穗型小麦旗叶及籽粒碳水化合物代谢的影响[J]. 河南农业大学学报, 2004, 38(1): 1 – 4.
- [19] 王之杰, 郭天财, 王化岑, 等. 种植密度对超高产小麦生育后期光合特性及产量的影响[J]. 麦类作物学报, 2001, 21(3): 64 – 67.
- [20] 张 宏, 周建斌, 刘 瑞, 等. 不同种植方式及施氮对半旱地冬小麦/夏玉米氮素累积、分配及氮肥利用率的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2011, 17(1): 1 – 8.
- [21] 李潮海, 刘 奎, 连艳鲜. 玉米碳氮代谢研究进展[J]. 河南农业大学学报, 2000, 34(4): 318 – 323.
- [22] 张智猛, 张 威, 胡文广, 等. 高产花生氮素代谢相关酶活性变化的研究[J]. 花生学报, 2006, 35(1): 8 – 12.
- [23] 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.
- [24] 聂呈荣, 凌菱生. 花生不同密度群体施用植物生长调节剂对生长发育和氮素代谢的影响[J]. 中国油料作物学报, 1998, 20(4): 47 – 51.
- [25] 柴小清, 印莉萍, 刘祥林, 等. 不同浓度 NO_3^- 和 NH_4^+ 对小麦谷氨酰胺合成酶及其相关酶活性的影响[J]. 植物学报, 1996, 38(10): 803 – 806.
- [26] 王月福, 于振文, 李尚霞, 等. 氮素营养水平对冬小麦氮代谢关键酶活性变化和籽粒蛋白质含量的影响[J]. 作物学报, 2002, 28(6): 743 – 748.
- [27] 王小纯, 熊淑萍, 马新明, 等. 不同形态氮素对专用型小麦花后氮代谢关键酶活性及籽粒蛋白质含量的影响[J]. 生态学报, 2005, 25(4): 802 – 807.
- [28] 唐湘如, 官春云. 油菜栽培密度与几种酶活性及产量和品质的关系[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2001, 27(4): 264 – 267.
- [29] 吕敬军, 张贵国, 陈香艳, 等. 不同地膜覆盖栽培对花生经济性状及产量的影响与效益分析[J]. 花生学报, 2010, 39(4): 38 – 41.
- [30] 邱庆树, 李正超, 申馥玉, 等. 影响花生籽仁品质的几个因素[J]. 作物杂志, 1998(2): 39.
- [31] 程增书, 徐桂真, 李玉荣, 等. 多效唑对花生生长、产量和品质的影响[J]. 花生学报, 2006, 35(3): 32 – 36.
- [32] 王激清, 白宝民, 刘社平. 播期和密度对冀西北彩色花生产量及品质的影响[J]. 河南农业科学, 2012, 41(12): 56 – 58.

(责任编辑:王丽芳)