

普通小麦碳氮物质积累分配特征 及与籽粒蛋白质的关系

张庆江

张立言 毕桓武

(河北省农林科学院粮油作物研究所, 石家庄 050031) (河北农业大学农学系, 保定 071001)

摘 要 以普通小麦品种为材料, 对不同供氮水平下植株碳、氮物质积累分配特征及与籽粒蛋白质的关系进行了探讨。结果表明, 籽粒积累的氮素主要来自前期营养器官贮存氮素的再分配, 但不同品种存在着差异。低蛋白品种京花 1 号对前期营养器官贮存氮素再分配的依赖性更强, 中蛋白品种冀麦 23 次之, 高蛋白品种京 771 除依赖于前者外, 还依赖于生育后期植株对氮素的继续同化和吸收。在籽粒生长发育过程中, 籽粒氮素含量的变化曲线呈凹形, 全糖含量呈凸形, 籽粒氮的积累曲线呈“S”形。与低蛋白品种相比, 高蛋白品种籽粒碳氮化合物的积累较为平衡。各品种籽粒产量和蛋白质含量都受供氮水平的影响, 在一定的供氮范围内增施氮肥, 籽粒产量和蛋白质含量可同步增加。

关键词 普通小麦 碳氮积累 蛋白质含量

碳氮物质是小麦产量和营养品质的主要组成部分。许多学者对小麦体内碳化合物或氮化合物的代谢过程作过研究^[1, 2], 也有人曾将氮素的积累分配与籽粒蛋白质的形成联系起来考察小麦高蛋白成因^[3, 4], 但得出的结论相互矛盾。迄今为止, 在对小麦产量和营养品质的研究中, 未能将其与发育进程联系起来考察整个形成过程, 只单独分析碳化合物或氮化合物的变化与产量或营养品质的关系。本试验以普通小麦品种为材料, 研究不同供氮水平下碳、氮物质的积累和分配动态及硝酸还原酶活力的变化, 旨在探讨同步提高小麦产量和蛋白质含量的途径。

1 材料和方法

试验于 1987~ 1991 年在太行山山前平原壤土水浇地上进行。土壤有机质含量 1.65%, 全氮 0.105%, 碱解氮 61.9×10^{-6} , 速效磷 35.0×10^{-6} , 速效钾 137.5×10^{-6} 。试验设计采用裂区法, 氮肥为主区, 品种为副区, 冬小麦品种选用京花 1 号和冀麦 23 春小麦品种选用京 771。三品种标准籽粒蛋白质含量分别为 11.0%, 13.5% 和 17.5%; 氮肥设 4 个水平 (0.5, 10, 20 kg/亩。)

于小麦拔节、孕穗、抽穗、开花期以及花后每隔 5 天取代表性植株 20 株, 按器官分离测定全氮含量和籽粒全糖含量。旗叶展开后, 于孕穗、抽穗、开花期、花后 10 天和花后 20 天各取 10

株,测定旗叶硝酸还原酶(NRA)活力

2 结果与分析

2.1 普通小麦碳、氮化合物含量的动态变化

2.1.1 单株和叶片全氮含量的变化 由图 1A 可看出,随着个体日龄的增加,单株全氮含量和叶片全氮含量不断下降,单株全氮含量在拔节至开花期下降幅度最大,这与同期碳化合物迅速积累有关。叶片全氮含量在花后 10 至 20 天下降幅度最大,这与籽粒灌浆期间叶片贮存氮素大量向籽粒中转移是一致的。

在个体发育过程中,单株全氮含量的高低,始终表现为京 771> 冀麦 23> 京花 1 号。提高供氮水平,供试品种植株相对吸氮能力相应提高。

2.1.2 籽粒全氮含量和全糖含量的变化 供试品种籽粒全氮含量的变化呈高一低一高的趋势,

曲线呈凹形(图 1B);全糖含量的变化呈低—高一—低的趋势,曲线呈凸形(图 1C)。不同品种籽粒氮素含量和全糖含量的变化幅度存在着差异, N_0 水平下,京 771 冀麦 23 和京花 1 号籽粒氮素含量的极差值分别是 0.24%, 0.39% 和 0.64%,在籽粒发育过程中籽粒氮素含量的高低始终表现为京 771> 冀麦 23> 京花 1 号;提高供氮水平,供试品种籽粒氮素含量随之增加。

2.1.3 旗叶 NRA 活力的动态变化 研究结果(表 1)显示,增加供氮水平,旗叶 NRA 活力提高;但供氮水平超过一定限度,NRA 活力将不再增加。旗叶 NRA 活力也与遗传因子有关,一般高蛋白品种旗叶 NRA 活力高于低蛋白品种。

2.2 普通小麦碳、氮物质的积累和分配

2.2.1 单株氮素的积累动态 由表 2 可看出,供试品种单株氮积累具有相同的趋势,随着个体生育日龄的增加,单株氮积累量不断提高,拔节至开花期积累最快;到乳熟期,氮积累量均已达到最大值。此后,由于蒸散作用,氮积累量有所下降。

所有供试品种单株氮的积累进程始终存在差异, N_0 水平下,京花 1 号、冀麦 23 和京 771 拔节期单株氮积累量占总量的百分率分别是 51.7%、44.0% 和 21.3%;开花期分别为 91.5%、80.4% 和 67.6%。

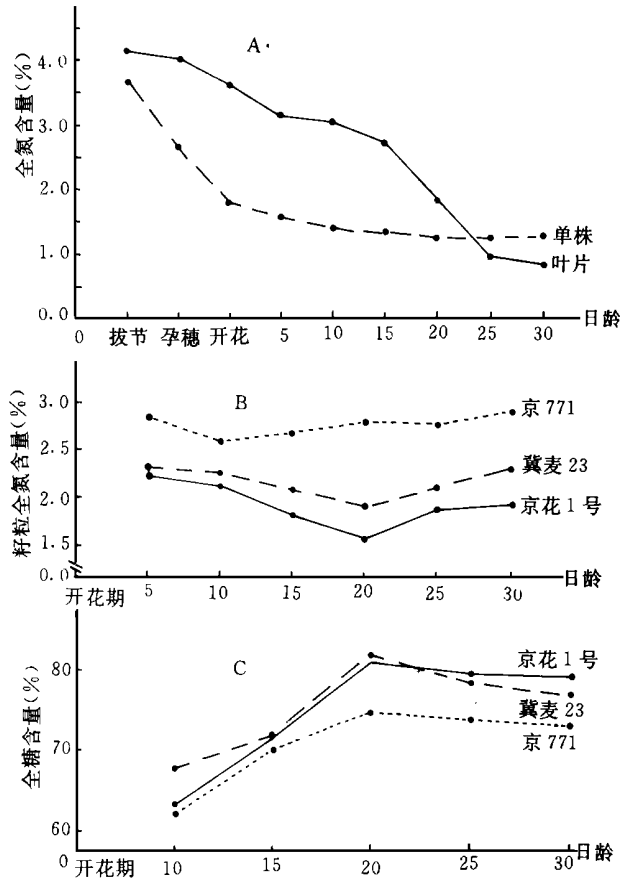


图 1 N_0 水平下小麦叶片、单株、籽粒全氮含量和全糖含量的变化

表 1 不同处理旗叶 NRA 活力的动态变化

品 种	供氮量 (kg 亩)	旗叶 NRA 活力 (NO ₂ ⁻ μmol/g° 30min)				
		孕穗期	抽穗期	开花期	花后 10天	花后 20天
京花 1号	0	0 719	1 830	1 899	1 216	0 471
	5	1 123	2 146	2 386	1 536	0 642
	10	1 287	2 256	2 653	1 837	0 855
	20	1 485	1 862	2 003	1 724	0 814
冀麦 23	0	1 117	1 980	2 227	1 259	0 539
	5	1 245	2 234	2 603	1 628	0 867
	10	1 529	2 394	2 803	1 952	0 915
	20	1 926	2 160	2 240	1 382	0 609
京 771	0	2 890	2 648	2 413	1 617	0 643
	5	2 950	2 748	2 524	1 723	0 975
	10	2 870	2 503	2 234	1 678	0 826
	20	2 551	2 402	2 002	1 536	0 756

表 2 不同处理单株氮积累进程

品 种	供氮量 (kg 亩)	积 累 量 (mg)								
		拔节	孕穗	开花	5天	10天	15天	20天	25天	30天
京花 1号	0	24 7	39 3	43 1	45 4	48 5	50 3	50 5	49 0	48 2
	5	25 7	42 1	48 7	51 2	53 4	54 3	55 1	53 9	53 2
	10	29 0	43 8	51 4	53 7	55 9	57 2	58 1	56 2	54 0
	20	31 5	49 2	55 8	58 4	59 2	60 0	61 3	58 5	57 4
冀麦 23	0	24 3	45 2	45 4	51 0	52 2	53 0	54 5	58 2	57 4
	5	28 1	48 9	51 4	60 8	64 1	65 3	66 7	65 2	63 9
	10	30 5	53 9	63 4	67 8	68 3	69 5	71 2	69 3	68 3
	20	32 1	51 1	58 2	61 3	62 4	63 1	64 9	62 3	61 5
京 771	0	8 3	21 0	26 5	26 7	29 0	38 2	41 9	39 8	39 5
	5	9 2	26 5	29 2	32 4	34 8	41 3	44 5	43 9	43 2
	10	9 8	28 0	35 1	36 6	39 2	44 5	48 0	46 2	44 3
	20	10 0	30 7	35 3	38 4	39 5	41 1	44 2	42 0	38 4

2 2 2 灌浆期间营养器官贮存氮素的再分配 开花初期, 叶片和叶鞘中的贮存氮素开始向籽粒转运, 茎秆在开花盛期开始 各器官输出氮素对籽粒氮素贡献的大小顺序是叶片> 茎秆> 叶鞘。

氮运转率表示营养器官输出氮占籽粒氮的比重。 结果表明, 不同品种存在差异, 表现为京花 1号> 冀麦 23> 京 771(表 3)

表 3 不同处理营养器官贮存氮素向籽粒的运转

品 种	供氮量 (kg 亩)	输 出 量 (mg)				氮运转率 (%)
		茎	叶	鞘	茎+ 叶+ 鞘	
京花 1号	0	8 2	16 9	5 9	31 0	80 9
	5	10 1	17 9	7 5	35 5	81 6
	10	10 4	18 1	7 7	36 2	85 5
	20	20 9	18 8	7 7	37 4	90 6
冀麦 23	0	8 4	14 1	6 8	29 3	62 7
	5	11 0	18 7	7 9	37 6	69 5
	10	12 6	22 5	7 9	43 0	80 2
	20	11 6	21 2	7 8	40 6	84 4
京 771	0	5 6	7 8	3 4	16 8	53 0
	5	6 0	10 7	3 9	20 6	59 7
	10	6 5	11 5	4 3	22 3	65 3
	20	6 4	12 6	4 6	23 6	80 8

2 2 3 籽粒碳、氮化合物的积累动态

单株籽粒氮积累是一个渐进的过程,在整个灌浆过程中呈慢—快—慢的趋势,所有品种籽粒氮积累动态用生长函数 $y = K / (1 + ae^{-bx})$ 均拟合良好,曲线呈“S”形(图 2)。籽粒 C/N 值的动态变化呈低—高—低趋势,京 771C/N 值最低且波动最小,冀麦 23 次之,京花 1 号 C/N 值最高且波动最大。随着供氮水平提高,籽粒 C/N 值减小且波动幅度下降(表 4)。

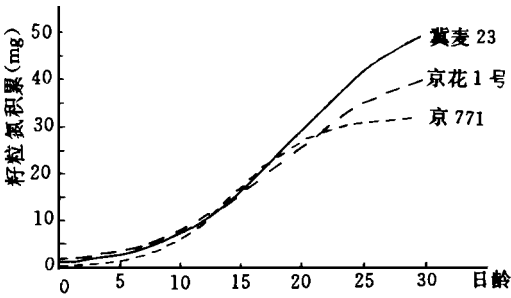


图 2 N₀水平下供试品种籽粒氮积累进程

2 3 碳、氮化合物的积累分配与籽粒蛋白质的关系及氮肥对籽粒产量和蛋白质含量的效应

相关分析表明,籽粒蛋白质含量与叶片全氮含量呈正相关(孕穗期 $r = 0.97^*$,开花期 $r = 0.93^*$,成熟期 $r = 0.80^*$),与单株全氮含量呈正相关(孕穗期 $r = 0.96^*$,开花期 $r = 0.75^*$,成熟期 $r = 0.98^*$);与旗叶 NRA 活力呈正相关(孕穗期 $r = 0.94^*$);籽粒蛋白质含量与各生育阶段单株氮积累量呈正相关(拔节至开花期 $r = 0.18$,开花至成熟期 $r = 0.27$),与籽粒 C/N 值呈负相关(花后 10 天 $r = -0.96^*$,花后 20 天 $r = -0.96^*$,成熟期 $r = -0.22$),与氮运转率和氮收获指数(NHI)呈弱负相关($r = -0.41$ 和 $r = -0.13$),单株氮积累量与氮收获指数几乎没有相关($r = -0.07$)。

试验结果表明,增施 N 肥对提高籽粒产量和增加蛋白质含量都有明显的效果。在一定范围内增施氮肥,籽粒产量和蛋白质含量同步增加,氮肥用量超过限值,籽粒产量下降,而蛋白质含量继续上升。在高肥力土壤上,其限值是每亩供氮 10kg(表 4)。

3 讨论

籽粒碳、氮物质来自两个方面,其一:开花前营养器官贮存物质的再转移;其二,开花后同

表 4 灌浆期间籽粒 C/N 值的动态变化及不同处理籽粒产量和蛋白质含量

品 种	供氮量 (kg /亩)	籽粒 C/N 值			籽粒产量 (kg /亩)	蛋白质含量 (%)
		开花至花后 10天	花后 10~ 20天	花后 20~ 30天		
京花 1号	0	29.6	62.2	26.3	389.5	11.23
	5	28.8	54.5	20.5	410.5	13.07
	10	28.5	48.2	16.6	382.3	13.59
	20	29.1	40.7	10.8	362.3	14.11
冀麦 23	0	29.3	48.4	17.9	405.4	13.26
	5	27.7	43.6	16.8	436.7	14.35
	10	25.8	38.4	20.5	396.0	14.89
	20	26.6	36.1	10.9	388.0	15.35
京 771	0	24.4	27.4	20.6	278.4	16.71
	5	22.6	26.3	17.4	295.8	18.23
	10	20.3	25.0	17.3	270.2	18.79
	20	21.6	25.7	17.6	266.3	19.16

化物质的直接输入, 籽粒氮素主要来自前期贮存氮素的再分配。不过, 不同品种间存在着差异, 京花 1号对前期贮存氮素再分配的依赖性更强, 冀麦 23次之, 京 771除依赖于前者外, 还依赖于后期植株对氮素的继续同化和吸收。

小麦植株氮素含量反映了单位生物量中氮素积累量的多少, 是品种相对吸氮能力的度量, 籽粒蛋白质含量与之有极显著的相关关系, 植株相对吸氮能力高, 是高蛋白基因型的一个主要特征。

尽管籽粒氮素积累主要来自前期贮存氮素的再分配, 但研究中却未发现籽粒蛋白质含量与之有显著的正相关, 相反, 却发现蛋白质含量与氮收获指数及氮运转率呈弱负相关。可见籽粒蛋白质含量高, 并不意味着氮素的分配率和运转率就一定高。

单株氮积累量与氮收获指数几乎没有相关, 表明“氮的吸收”和“氮的分配”是受不同的生理系统控制的, 并且发现这两个彼此独立的生理系统可以较好的统一在一个品种中, “氮的吸收”与“氮的分配”较好的统一决定了氮收获指数与籽粒蛋白质含量的统一, 它是籽粒产量和蛋白质含量统一的前提。

在籽粒整个发育过程中, 全氮含量的变化曲线呈凹形, 全糖含量呈凸形。京花 1号籽粒全氮含量和全糖含量的变幅最大, 冀麦 23次之, 京 771最小。从籽粒 C/N 值的分析, 也发现了同样的趋势, 表明高蛋白品种籽粒淀粉和蛋白质的积累是比较平衡的。这构成了高蛋白品种又一个重要特征。

在一定的供氮水平内增施氮肥, 提高了植株体内氮素代谢的强度, 促进了植株氮素的积累, 而且由于氮素营养条件的改善, 增加了植株的光合面积和光合能力, 从而促进了籽粒的灌浆增重, 表现为籽粒产量和蛋白质含量同步增加; 供氮水平超过限度, 造成群体过大, 个体发育不良, 氮素在营养器官中过度集中, 不利于同化产物向籽粒的转移, 致使籽粒淀粉和蛋白质积累都受到不良影响, 而淀粉积累受到的影响更严重。因此, 籽粒产量下降, 蛋白质含量上升。由此可看出, 品种获得最高产量和最高蛋白质含量所需氮肥的量是不同步的。

由于叶片含氮量和硝酸还原酶活力与籽粒蛋白质含量有着密切的关系, 因此在高蛋白品系的选育中可将两者作为参考指标, 但重点应是改良氮素在籽粒中的分配率, 使植株较强的

吸氮能力和较高的氮素分配率协调起来, 更有效地利用吸收的氮素。合理施用氮肥, 改善了植株体内氮素营养状况, 促进了籽粒淀粉和蛋白质的平衡积累, 达到籽粒产量和蛋白质含量的同步增加。

参 考 文 献

- 1 吴纪民. 小麦灌浆期间物质积累转运动态和分配率. 江苏农业科学, 1983(5): 14- 16
- 2 杨根海. 用 ^{15}N 示踪研究小麦品质: 后期 N 肥对冬小麦产量和蛋白质含量的影响. 北京农业大学学报, 1986(1): 39- 45
- 3 Johnson VA. Improvement of wheat protein by traditional breeding and genetic techniques Cereal Chemistry, 1985(5): 350- 354
- 4 Cox M C. Genetic variation for nitrogen assimilation and translocation in wheat Crop Science, 1986(2): 737- 740

Accumulation and Distribution of Carbohydrate and Nitrogen and Their Relationships to Grain Protein Content in Wheat

Zhang Qingjiang

Zhang Liyan Bi Huanwu

(Cereal and Oil Crops Institute Hebei Academy
of Agricultural and Forestry Sciences Shijiazhuang 050031)

(Department of Agronomy Hebei Agricultural
University, Baoding)

Abstract A field trial was conducted to study the relationship between protein content and accumulation and distribution of carbohydrate(C) and nitrogen(N) by using “high” and “low” protein wheat varieties with N-fertilizer application. The results indicated that N was mainly accumulated in leaves before anthesis, and after that in grains. Grain-N for the low-protein variety “Jing Hua 1” was mainly redistributed from N that accumulated in vegetative parts in earlier stage, for the high-protein varieties “Jing 771” and “Jin ai 23”, however, not only the former, but also continuous absorption and assimilation of N after anthesis. Concentration of N in grain as a percentage of dry matter was high initially, then declined and again showed a rise until maturity, but the change of concentration of C in grain was just opposite. “S” curve of grain-N accumulation was observed. Changes of accumulation of C and N in the grain of “high” protein varieties were relatively parallel, but for “low” protein varieties were not. Both grain yield and protein content were affected by N-fertilizer. They were enhanced simultaneously at appropriate N-fertilizer application.

Key words Wheat Accumulation and distribution of N and C; Protein content