

施肥水平对青稞干物质积累及转运的影响

朱明霞¹, 白 婷¹, 靳玉龙¹, 张玉红¹, 唐亚伟^{2*}

(1. 西藏农牧科学院农产品开发与食品科学研究所, 西藏 拉萨 850000; 2. 西藏农牧科学院农业研究所, 西藏 拉萨 850000)

摘 要:为合理利用肥料, 以 QTB13、QTB25 和藏青 27 3 个品种(系)为供试材料, 研究了不同施肥水平对青稞干物质积累及转运的影响。结果表明, 随着施肥量的增加, 青稞各器官叶、茎鞘和穗干物质重及青稞各阶段的干物质积累量与群体生长速率均呈先上升后降低的趋势, QTB13 和 QTB25 在 F2 处理下最大, 藏青 27 在 F3 处理下最大。3 个品种(系)不同施肥水平下干物质转运量和对籽粒的贡献率茎鞘大于叶片。3 个品种(系)青稞花前和花后的干物质积累量均随施肥水平的提高而先升后降, QTB13 和 QTB25 花前和花后的干物质积累量在 F2 处理最大, 藏青 27 在 F3 处理下最大。适宜的施肥量有助于青稞干物质的积累和对籽粒的贡献。

关键词:施肥; 青稞; 干物质; 积累; 转运

中图分类号:S511 **文献标识码:**A

Effects of Fertilization Application Rates on Dry Matter Accumulation and Translocation of Hullless Barley

ZHU Ming-xia¹, BAI Ting¹, JIN Yu-long¹, ZHANG Yu-hong¹, TANG Ya-wei^{2*}

(1. Food Science Institute, Tibet Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences, Tibet Lhasa 850000, China; 2. Agricultural Institute, Tibet Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences, Tibet Lhasa 850000, China)

Abstract: Three hullless barley cultivars and lines, QTB13, QTB25 and zangqing 27 were used to study the effects of dry matter accumulation and translocation in different fertilization application rates. The results showed that responses to the increase of fertilization rate the dry matter accumulation of the leaf, stem and sheath, panicle was first increased and then dropped with the same as dry matter accumulation amount and population growth rate. QTB13 and QTB25 were the highest when the fertilization application rate was F2, zangqing 27 was the highest when the fertilization application rate was F3. Dry matter translocation amount and contribution rate to grains in different fertilization application rates of stem and sheath were higher than leaf. The dry matter accumulation amount of pre-anthesis and after anthesis first increased and then dropped with the increment of fertilization application rate. QTB13 and QTB25 were the highest when the fertilization application rate was F2, zangqing 27 was the highest when the fertilization application rate was F3. The suitable fertilization treatments could contribute to the dry matter accumulation and contribution rate to grains.

Key words: Fertilization; Hullless barley; Dry matter; Accumulation; Translocation

作物光合生产的最终产物是干物质, 干物质作为麦类作物产量与品质形成的物质基础^[1-2], 开花前贮存的同化产物在花后向籽粒的转运以及花后物质的积累及其在各器官间的分配是其产量形成的重要物质来源^[3-4]。一般认为, 作物较高的经济产量

依赖于较高的总干物质量^[5]。麦类作物的产量显著受到其整个生育阶段干物质积累的影响^[6]。有科学研究报道, 施肥、耕作方式、种植密度等栽培管理措施都对植株干物质

积累分配与转运产生影响^[7-11], 关于施肥对麦类作物干物质积累与转运的影响, 前人有许多研究。张均华等^[12]研究了不同施氮量下麦类干物质的积累和转运, 结果表明, 小麦花期的干物质积累量随着施氮水平的升高也随之上升, 与此同时, 随施氮量的增加, 花前各营养器官干物质的积累转运对籽粒的贡献率逐渐降低, 由此可知, 适宜的氮肥可以提高干

收稿日期: 2019-06-10

基金项目: 国家大麦青稞产业技术体系(CARS-05-05A-02); 青稞精深加工技术创新平台(XZNKY-2019-C-045)

作者简介: 朱明霞(1987-), 女, 助理研究员, 主要从事青稞栽培及产品研发, E-mail: zhuxm01@163.com, * 为通讯作者; 唐亚伟(1975-), 男, 研究员, 主要从事青稞育种及示范推广研究, E-mail: ywtang2001@126.com。

物质转运率。王兵^[13]研究认为,灌浆期是干物质积累的高峰期,由灌浆期到收获期,小麦的干物质积累量下降,适宜的氮肥可以促进生长后期干物质向籽粒分配,但是施氮量过高则会降低成熟期的成穗率和收获指数,也降低了干物质的转运效率,导致产量降低。马冬云等^[14]研究认为增施氮肥可促进花前同化物向籽粒的分配。沈会权等^[15]结果表明,采用合理氮肥基追比能够增加大麦花后干物质积累量和向籽粒的分配,最终达到增加产量的目的。刘桃菊等^[16]研究表明,随着施氮水平的增加,大麦抽穗期和成熟期的干物质积累量也增加,但上升的幅度是逐渐减弱的。赵兵等^[17]研究表明,随施氮水平的增加,2 个品种大麦各器官干物质质量及叶片和茎秆的干物质转运量均表现为先增加后降低的趋,在 180 kg/hm² 施氮水平下最大;其转运量对籽粒的贡献率逐渐下降。

而关于施肥水平对青稞干物质积累与转运的影响研究报道较少。因此,本试验以青稞品种(系) QTB13、QTB25 和藏青 27 为试验材料,设置 5 个施肥水平,探究不同施肥水平下 3 个青稞品种(系)干物质积累分配及转运的规律,通过优化施肥措施管理,协调干物质积累分配及转运,为青稞高产科学栽培选用施肥水平提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验基本情况

试验于 2017 年在西藏农科院农业研究所 6 号地进行,海拔 3650 m,经纬度 91°06'E,29°26'N,年平均气温 7.4 ℃,年平均降雨量 450 mm。土壤质地为砂壤土,含有机质 17.8 g/kg,全氮 1.4 g/kg,碱解氮为 30.28 mg/kg,速效磷 41.77 mg/kg,速效钾 33.85 mg/kg。供试青稞材料为新审定品种藏青 27(六棱),正在培育品系 QTB13 和 QTB25(二棱)。

1.2 试验设计

试验采用裂区设计,施肥为主区,施氮水平分别为 0、90、180、270、360 kg/hm²,N:P=1:0.6,各处理分别用 F0、F1、F2、F3、F4 表示,肥料为磷酸二铵和尿素作基肥一次施入;品种为副区,分别为藏青 27、QTB13 和 QTB25。副区面积 3 m×4 m=12 m²,15 行区,行距 20 cm,重复 3 次。

1.3 取样与测定方法

于分蘖期、拔节期、开花期、灌浆期和成熟期分别取样,各处理每次取样 10 株,经 105 ℃ 杀青 30 min,80 ℃ 烘干至恒重,称干重。成熟后,每小区收获长势均匀的青稞 1 m²,计株数、穗数、穗粒数,人

工脱粒并测产。相关指标计算方法^[18]如下:

器官干物质转运量 = 开花期各器官干物质积累量 - 收获期相应器官干物质积累量;

干物质转运率 = 器官干物质转运量/开花期相应器官干物质积累量 × 100 %;

花前物质积累对产量的贡献率 = 干物质转运量/籽粒产量 × 100 %;

花后干物质积累对产量的贡献率 = 1 - 花前干物质积累对产量的贡献率;

花前干物质积累率 = 开花期干物质积累量/收获时干物质积累量 × 100 %;

花后干物质积累量 = 收获时干物质积累量 - 开花期干物质积累量;

花后干物质积累率 = 花后干物质积累量/收获时干物质积累量 × 100 %。

1.4 数据处理

利用 Excel2003 和 DPS 软件对试验数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 施肥水平对青稞各器官干物质积累动态的影响

2.1.1 施肥水平对青稞叶片干物质积累的影响

由表 1 可以看出,在不同施肥处理下,3 个青稞品种(系)叶干物质积累变化趋势基本一致,随着生育进程的推进均呈先增加后降低的趋势,在开花期干物质质量达到最大,叶干物质的比例,随着生育进程是不断降低的;随着施肥量的增加,叶干物质质量也呈先增加后降低的趋势,QTB13 和 QTB25 在 F2 处理下最大,藏青 27 在 F3 处理下最大。不同品种(系)间,各处理叶干物质质量表现为藏青 27 > QTB25 > QTB13。说明在一定范围内,增加施肥量有利于青稞叶干物质积累,施肥对不同品种叶干物质积累影响不同。

2.1.2 施肥水平对青稞茎鞘干物质积累的影响

由表 2 可知,随着施肥水平的增加,3 个品种(系)青稞茎秆 + 叶鞘干物质质量先增加后降低,QTB13 和 QTB25 在 F2 处理下最大,QTB13 和 QTB25 的茎鞘干物质质量最大值分别比对照高 51.2 % 和 37.9 %,各施肥处理与对照均存在显著差异;藏青 27 在 F3 处理下最大,茎鞘干物质质量最大值比对照高 38.6 %,各施肥处理与对照均存在显著差异。随着生长发育的进程,3 个品种(系)青稞茎秆 + 叶鞘干物质质量先增加后降低,不同品种间茎鞘干物质质量差异不显著。说明适宜的施肥量有助于青稞茎鞘干物质的积累,超过一定范围的施肥会导致茎鞘干物质降低,施肥对不同品种青稞茎鞘干物质积累的影响较小。

表 1 主要生育时期叶干物质积累及变化

Table 1 Dry matter accumulation amount and variation of leaf at main growth stages

品种(系) Variety	处理 Treatment	分蘖期 Tillering stage		拔节期 Jointing stage		开花期 Anthesis stage		灌浆期 Filling stage		成熟期 Maturity stage	
		干物质重 (kg·hm ⁻²) 比例(%)		干物质重 (kg·hm ⁻²) 比例(%)		干物质重 (kg·hm ⁻²) 比例(%)		干物质重 (kg·hm ⁻²) 比例(%)		干物质重 (kg·hm ⁻²) 比例(%)	
		Dry weight	Ratio	Dry weight	Ratio	Dry weight	Ratio	Dry weight	Ratio	Dry weight	Ratio
QTB13	F0	848.02b	65.60a	1507.78d	36.68b	1834.45d	24.82b	1621.17c	13.16b	1333.10c	9.45a
	F1	970.53b	62.13ab	2153.48c	37.83b	2868.70c	28.12a	2727.48b	16.96a	1535.68c	8.00b
	F2	1356.92a	58.71bc	3257.40a	43.81a	3851.14a	28.10a	3038.03a	15.50a	2244.88a	9.13ab
	F3	1240.33a	56.92c	2806.01b	42.68a	3549.84b	27.68a	2962.31ab	16.29a	2138.14a	9.62a
	F4	1250.93a	57.80c	2681.05b	43.01a	3348.34b	28.89a	2820.93ab	16.51a	1872.70b	10.50a
QTB25	F0	976.21d	61.61a	1859.97d	37.20b	2272.14d	26.34c	1721.12d	13.10b	1467.18d	9.17a
	F1	1159.42c	61.56a	2486.17c	40.33b	3133.56c	27.03bc	2392.16c	14.17b	1648.37cd	7.84b
	F2	1739.67a	61.26a	3557.33a	45.05a	3925.59a	27.85ab	3363.85a	16.14a	2088.87a	7.96b
	F3	1510.86b	60.26a	3317.92ab	45.57a	3650.86b	28.15ab	3233.95ab	17.67a	2000.59ab	8.64ab
	F4	1468.24b	60.45a	3180.77b	47.57a	3488.61b	28.75a	3014.93b	17.54a	1804.39bc	9.69a
藏青 27 zangqing27	F0	1059.74c	65.17a	2732.86c	46.08a	3268.70c	31.24a	2133.25c	15.50c	1476.27c	8.74a
	F1	1131.06c	62.39a	2966.37b	47.50a	3364.69bc	30.68ab	2608.40b	16.58bc	1602.59c	7.65b
	F2	1364.59ab	62.60a	3565.78a	46.30a	3893.90a	29.52ab	3293.83a	18.27ab	2084.85b	8.47ab
	F3	1483.17a	59.13b	3724.73a	46.79a	4022.90a	28.62b	3413.70a	18.29ab	2607.49a	9.38a
	F4	1347.38b	59.00b	3008.27b	45.48a	3582.25b	29.22ab	3250.60a	19.31a	2014.88b	9.28a

注: 同列数据后不同小写字母表示不同处理间差异显著 ($P < 0.05$), 下同
Note: Different letters within a column indicate differences significant at the 0.05 levels. The same are as in the following figures and table.

表 2 主要生育时期茎鞘干物质积累及变化

Table 2 Dry matter accumulation amount and variation of stem and sheath at main growth stages

品种(系) Variety	处理 Treatment	分蘖期 Tillering stage		拔节期 Jointing stage		开花期 Anthesis stage		灌浆期 Filling stage		成熟期 Maturity stage	
		干物质重 (kg·hm ⁻²) 比例(%)		干物质重 (kg·hm ⁻²) 比例(%)		干物质重 (kg·hm ⁻²) 比例(%)		干物质重 (kg·hm ⁻²) 比例(%)		干物质重 (kg·hm ⁻²) 比例(%)	
		Dry weight	Ratio	Dry weight	Ratio	Dry weight	Ratio	Dry weight	Ratio	Dry weight	Ratio
QTB13	F0	444.80b	34.40c	2592.54c	62.80a	4764.25d	64.42a	7042.32c	65.34a	3256.40c	23.11b
	F1	594.69b	37.87bc	3536.77b	62.17a	6339.46c	62.15b	8710.07bc	60.38c	4081.33b	21.27c
	F2	954.74a	41.29ab	4178.39a	56.19b	8633.78a	62.98ab	10644.91a	64.49ab	5146.18a	20.90c
	F3	939.69a	43.08a	3767.07b	57.32b	8059.26a	62.82ab	10050.89b	62.94b	4821.47a	21.67bc
	F4	913.11a	42.20a	3555.04b	56.99b	7114.15b	61.40b	9051.54b	64.04ab	4420.41b	24.78a
QTB25	F0	609.98d	38.39a	3138.62c	65.35a	5263.74d	60.91a	7369.99c	63.75a	3934.69d	24.59a
	F1	723.24c	38.44a	3675.06b	59.67b	7083.71c	61.09a	8704.28b	63.44a	4402.09c	20.95b
	F2	1098.85a	38.74a	4348.07a	54.95c	8605.53a	61.03a	10163.72a	63.07a	5705.60a	21.74b
	F3	996.66ab	39.74a	3963.79ab	54.43c	7981.71b	61.52a	10083.54a	60.42b	4936.45b	21.32b
	F4	960.37b	39.55a	3508.35bc	52.43c	7397.60bc	60.95a	9761.15ab	62.56a	4430.59c	23.78a
藏青 27 Zangqing 27	F0	565.44d	34.83b	3196.43c	53.92a	5825.08c	55.65a	7606.43d	55.33ab	3791.62c	22.44ab
	F1	682.51cd	37.61b	3278.38c	52.50a	6157.82c	56.14a	8752.71c	55.63ab	4311.60b	20.58c
	F2	814.68bc	37.40b	4135.68a	53.70a	7420.28b	56.26a	10126.54a	56.16ab	5683.96a	23.08a
	F3	1024.34a	40.87a	4236.02a	53.21a	8061.18a	57.30a	10543.67a	56.49a	5929.79a	21.33bc
	F4	935.93ab	41.00a	3606.87b	54.52a	7026.81b	57.47a	9209.89b	54.70b	4666.15b	21.49bc

表 3 主要生育时期穗干物质积累及变化

Table 3 Dry matter accumulation amount and variation of panicle at main growth stages

品种(系) Variety	处理 Treatment	开花期 Anthesis stage		灌浆期 Filling stage		成熟期 Maturity stage	
		干物质重 (kg · hm ⁻²) Dry weight	比例(%) Ratio	干物质重 (kg · hm ⁻²) Dry weight	比例(%) Ratio	干物质重 (kg · hm ⁻²) Dry weight	比例(%) Ratio
QTB13	F0	795.37c	10.76a	2645.40c	21.50ab	9510.36e	67.44b
	F1	992.38b	9.72b	3643.63a	22.66a	13578.67c	70.73a
	F2	1222.60a	8.92b	3917.63a	20.01b	17253.03a	69.96a
	F3	1217.33a	9.49b	3777.25a	20.77ab	15286.70b	68.71ab
	F4	1124.97a	9.71b	3323.91b	19.46b	11548.94d	64.73c
QTB25	F0	1102.60c	12.74a	3038.67d	23.14a	10603.93e	66.24b
	F1	1377.84ab	11.88ab	3774.69b	22.39a	14972.63c	71.21a
	F2	1571.08a	11.12bc	4337.42a	20.79bc	18438.76a	70.29a
	F3	1340.99abc	10.33c	4009.74ab	21.92ab	16213.28b	70.04a
	F4	1250.55bc	10.30c	3419.34c	19.90c	12397.10d	66.54b
藏青 27 Zangqing 27	F0	1372.08c	13.11a	4007.69c	29.17a	11628.50d	68.82b
	F1	1447.67c	13.18a	4373.16b	27.79ab	15036.82c	71.77a
	F2	1874.99ab	14.22a	4608.76ab	25.57c	16854.73b	68.45b
	F3	1978.31a	14.07a	4708.02a	25.22c	19272.72a	69.29b
	F4	1625.51bc	13.31a	4375.55b	25.99bc	15032.60c	69.23b

2.1.3 施肥水平对青稞穗干物质积累的影响 由表 3 可见,各生育时期,随着施肥量的增加,穗干物质重表现为先增加后下降的趋势,QTB13 和 QTB25 在 F2 处理下最大,分别比对照增加 53.7 %、48.1 %、81.4 %和 42.5 %、42.7 %、73.9 %,各施肥处理与对照均呈显著性差异。藏青 27 在 F3 处理下最大,分别比对照增加 44.2 %、17.5 %、65.7 %,各施肥处理与对照均呈显著性差异。在成熟期穗干物质各处理间均存在显著差异,QTB13 的施肥处理 F1、F2、F3、F4 分别比 F0 处理高 42.8 %、81.4 %、60.7 %、21.4 %;QTB25 的施肥处理 F1、F2、F3、F4 分别比 F0 处理高 41.2 %、73.9 %、52.9 %、16.9 %;藏青 27 的施肥处理 F1、F2、F3、F4 分别比 F0 处理高 29.3 %、44.9 %、65.7 %、29.3 %。随着生育进程的推进,3 品种(系)穗干物质重持续升高,不同品种间各生育时期穗干物质重表现为藏青 27 > QTB25 > QTB13。说明增加施肥量对青稞穗干物质积累有很大促进作用,但过量施肥会降低穗干物质的积累。

2.2 施肥水平对青稞不同生育时期干物质积累与群体生长速率的影响

由表 4 可知,不同施肥水平对青稞各阶段的干物质积累量与群体生长速率都具有明显的调控效

应,3 个品种(系)随着施肥量的增加,青稞干物质积累量与生长速率均表现为先上升后下降的趋势。幼苗阶段,QTB13 和 QTB25 的干物质积累和生长速率表现基本一致,都在 F2 处理下最大,但与 F3、F4 处理没有显著差异,与 F0、F1 有显著性差异,F2 处理干物质积累量分别比 F0、F1 处理高 78.8 %、57.7 %和 79.0 %、50.8 %;藏青 27 的干物质积累和生长速率表现基本一致,都在 F3 处理下最大,与其它各处理均有显著性差异,干物质积累量比 F0 处理高 54.3 %。在器官形成阶段,QTB13 和 QTB25 的干物质积累和生长速率表现基本一致,都在 F2 处理下最大,与 F3 处理没有显著差异,与 F0、F1 和 F4 有显著性差异;藏青 27 的干物质积累和生长速率表现基本一致,都在 F3 处理下最大,与 F2 处理没有显著差异,与 F0、F1 和 F4 有显著性差异。在籽粒形成阶段,QTB13 和 QTB25 的干物质积累和生长速率表现基本一致,都在 F2 处理下最大,与其它处理均存在显著差异,干物质积累量分别比 F0 处理高 63.1 %和 63.3 %;藏青 27 的干物质积累和生长速率都在都在 F3 处理下最大,与其它处理均存在显著差异,干物质积累量比 F0 处理高 113.8 %。说明适宜的施肥量可以有效促进青稞不同生育阶段干物质积

表 4 不同施肥处理青稞不同生育阶段的干物质积累及生长速率变化

Table 4 Dry matter accumulation amount and population growth rate at different growth stages in different fertilization application rate of hull – less barley

品种(系) Variety	处理 Treatment	幼苗阶段 Seedling stage		器官形成阶段 Organogenesis stage		籽粒形成阶段 Grain formation	
		积累量 (kg · hm ⁻²) DMA	生长速率 (kg · hm ⁻² · d ⁻¹) GR	积累量 (kg · hm ⁻²) DMA	生长速率 (kg · hm ⁻² · d ⁻¹) GR	积累量 (kg · hm ⁻²) DMA	生长速率 (kg · hm ⁻² · d ⁻¹) GR
QTB13	F0	1292.82c	31.53c	6101.25c	305.06c	6705.79c	124.18c
	F1	1565.23b	38.18b	8635.32b	431.77b	8995.13b	166.58b
	F2	2311.66a	56.38a	11395.87a	569.79a	10936.56a	202.53a
	F3	2180.02a	53.17a	10646.42a	532.32a	9419.88b	174.44b
	F4	2164.05a	52.78a	9423.41b	471.17b	6254.59c	115.83c
QTB25	F0	1586.18d	38.69d	7052.29c	352.61c	7367.32c	136.43c
	F1	1882.66c	45.92c	9712.46b	485.62b	9427.98b	174.59b
	F2	2838.52a	69.23a	11263.69a	563.18a	12131.03a	224.65a
	F3	2507.52b	61.16b	10466.03ab	523.30ab	10176.77b	188.46b
	F4	2428.61b	59.23b	9708.14b	485.41b	6495.33c	120.28c
藏青 27 Zangqing 27	F0	1625.18d	39.64d	8840.68d	442.03c	6430.53d	119.08d
	F1	1813.57c	44.23c	9156.61cd	457.83bc	9980.82c	184.83bc
	F2	2179.27b	53.15b	11009.90ab	550.50a	11434.37b	211.75b
	F3	2507.51a	61.16a	11554.88a	577.74a	13747.62a	254.59a
	F4	2283.30b	55.69b	9951.27bc	497.56b	9479.05c	175.54c

注;DMA 干物质积累量;GR 干物质生长速率。
Note: DMA; Dry matter accumulation; GR; Growth rate.

累和群体生长速率。

2.3 施肥水平对青稞各器官干物质转运的影响

由表 5 可知,3 个品种(系)的干物质转运量和对籽粒的贡献率茎鞘大于叶片。QTB13 和 QTB25 叶片和茎鞘的干物质转运量随着施肥量的增加先增后降。QTB13 叶片和茎鞘的干物质转运量在 F2 处理最大,但与其它施肥处理没有显著性差异,分别比 F0 处理显著增加 220.4 % 和 131.3 %;QTB25 叶片的干物质转运量在 F2 处理最大,但与 F3、F4 处理没有显著差异,茎鞘的干物质转运量在 F3 处理最大,但与其它施肥处理间没有显著性差异;藏青 27 叶片和茎鞘的干物质转运量与施肥没有明显规律。QTB13 茎鞘的转运率随着施肥量的增加表现为先增后降,对 QTB25 来说,施肥增加了叶片和茎鞘的干物质转运率和对籽粒的贡献率,藏青 27 的叶片和茎鞘的干物质转运率和对籽粒的贡献率是随着施肥量的增加而降低的。说明施肥水平对不同类型青稞的干物质转运影响不同。对于二棱青稞品系 QTB13 和 QTB25 来说,随着施肥水平的提高,叶片和茎鞘的干物质转运量先增后降,而六棱青稞品种藏青 27 的叶片和茎鞘的干物质转运量没有明显规律,施肥

增加了 QTB13 和 QTB25 叶片和茎鞘的干物质转运率和干物质转运量对籽粒的贡献率,但降低了藏青 27 叶片和茎鞘的干物质转运率和干物质转运量对籽粒的贡献率。

2.4 施肥水平对青稞干物质积累及贡献的影响

由表 6 可以看出,3 个品种(系)不同施肥处理青稞花后干物质积累量和对籽粒的贡献率大于花前,干物质积累率花前大于花后。3 个品种(系)青稞花前和花后的干物质积累量均随施肥水平的提高而先升后降,QTB13 和 QTB25 花前和花后的干物质积累量在 F2 处理最大,分别比 F0 处理增加了 125.2 %、63.1 % 和 94.9 %、64.7 %,藏青 27 花后的干物质积累量在 F3 处理最大,与其它各处理均呈显著性差异,比 F0 处理显著增加了 113.8 %。干物质花前积累率和对籽粒的贡献率 QTB13 和 QTB25 的随着施肥量的增加不断增加,藏青 27 的随着施肥量的增加不断下降。干物质花后积累率和对籽粒的贡献率 QTB13 和 QTB25 的随着施肥量的增加而降低,但 QTB25 干物质花后积累率在 F2 处理最大。藏青 27 干物质花后积累率和对籽粒的贡献率随着施肥量的增加而增加,均在 F3 处理最大。说明适宜的施

表 5 不同施肥处理青稞各器官干物质转运及对籽粒的贡献率

Table 5 Dry matter translocation amount and contribution rate to grains in different fertilization application rate of hull – less barley							
品种(系) Variety	处理 Treatment	转运量(kg·hm ⁻²) Translocation amount		转运率(%) Translocation rate		贡献率(%) Contribution rate	
		叶 Leaf	茎鞘 Stem and sheath	叶 Leaf	茎鞘 Stem and sheath	叶 Leaf	茎鞘 Stem and sheath
QTB13	F0	501.35b	1507.85d	27.31c	31.55c	5.49c	16.51b
	F1	1333.02a	2258.13cd	46.35a	35.46bc	10.07b	17.05b
	F2	1606.26a	3487.60a	41.69b	40.38a	10.00b	21.72a
	F3	1411.70a	3237.79ab	39.77b	40.08a	9.32b	21.37a
	F4	1475.64a	2693.74bc	44.00ab	37.87ab	12.75a	23.27a
QTB25	F0	804.95c	1329.05b	35.37b	25.08c	7.84c	12.95d
	F1	1485.19b	2681.62a	47.35a	37.84ab	9.64bc	17.40bc
	F2	1836.72a	2899.93a	46.79a	33.70b	9.82bc	15.51c
	F3	1650.26ab	3045.26a	45.19a	38.15ab	10.25b	18.91b
	F4	1684.22ab	2967.01a	48.28a	40.09a	13.76a	24.24a
藏青 27 Zangqing 27	F0	1792.43a	2033.46b	54.81a	34.85a	15.00a	17.01a
	F1	1762.10ab	1846.22bc	52.37ab	29.97bc	11.92b	12.48b
	F2	1809.05a	1736.32c	46.45bc	23.38d	10.97b	10.53b
	F3	1415.41c	2131.39ab	35.19d	26.31cd	7.33c	11.04b
	F4	1567.37bc	2360.66a	43.32c	33.46ab	10.25b	15.44a

肥量有助于青稞花前和花后干物质的积累,对青稞花前和花后干物质积累率和对籽粒的贡献率影响不同。

表 6 不同施肥处理青稞干物质积累量及对籽粒的贡献率

Table 6 Dry matter accumulation amount and contribution rate to grains in different fertilization application rate of hull-less barley							
品种(系) Variety	处理 Treatment	积累量(kg·hm ⁻²) Accumulation dry matter		积累率(%) Accumulation rate		贡献率(%) Contribution rate	
		花前 Pre-anthesis	花后 After anthesis	花前 Pre-anthesis	花后 After anthesis	花前 Pre-anthesis	花后 After anthesis
QTB13	F0	2804.57c	6705.79c	52.44c	47.56a	29.46d	70.54a
	F1	4583.54b	8995.13b	53.13c	46.87a	33.71cd	66.29ab
	F2	6316.46a	10936.56a	55.69b	44.31b	36.70bc	63.30bc
	F3	5866.82a	9419.88ab	57.71b	42.29b	38.46b	61.54c
	F4	5294.35ab	6254.59c	64.94a	35.06c	45.83a	54.17d
QTB25	F0	3236.60c	7367.32c	54.02b	45.98a	30.62c	69.38a
	F1	5544.65b	9427.98b	55.17b	44.83a	37.06b	62.94b
	F2	6307.73a	12131.03a	53.75b	46.25a	34.20bc	65.80ab
	F3	6036.51ab	10176.77b	56.04b	43.96a	37.23b	62.77b
	F4	5901.77ab	6495.33c	65.15a	34.85b	47.63a	52.37c
藏青 27 Zangqing 27	F0	5056.00c	6430.53d	61.95a	38.05c	44.69a	55.31d
	F1	5197.97bc	9980.82bc	52.36cd	47.64a	33.62bc	66.38bc
	F2	5420.36ab	11434.37b	53.57c	46.43ab	32.16cd	67.84ab
	F3	5525.11a	13747.62a	50.57d	49.43a	28.67d	71.33a
	F4	5553.55a	9479.05c	56.41b	43.59b	37.71b	62.29c

3 讨论与结论

作物的经济产量受限于作物的生物产量,其进行光合作用的主要场所是叶片、叶鞘和茎秆等器官,它的最高表现形式是干物质^[19]。施肥水平可影响作物干物质的积累与转运,前人对此已经做了研究^[20-21]。王桂良等^[22]研究认为,施氮增加花前和花后干物质积累。适量的施用氮肥能够有效提高作物光合产物的形成、积累及向籽粒的再分配^[23-24]。本试验研究结果表明,3 个品种(系)青稞的叶、茎秆+叶鞘、穗干物质积累量随着施肥水平的提高均呈先上升后下降的趋势,QTBI3 和 QTB25 的干物质积累量均在 F2 施肥水平下最大,藏青 27 的干物质积累量在 F3 水平下最大,与对照均存在显著差异。青稞各生育阶段的干物质积累量与群体生长速率都受到了施肥水平的调控,3 个品种(系)随着施肥量的增加,青稞干物质积累量与生长速率均呈现先增加后下降的趋势,QTBI3 和 QTB25 的干物质积累量与生长速率在 F2 处理下最大,藏青 27 干物质积累量与生长速率在 F3 处理下最大,与对照均存在显著差异。说明适宜的施肥量可以有效促进青稞各器官和不同生育阶段干物质积累和群体生长速率。对 QTBI3 和 QTB25 来说,F2 施肥处理最适宜,藏青 27 在 F3 施肥水平下适宜。

与其他作物一样,麦类作物籽粒产量主要有 2 个来源,一个是花前积累在营养器官,成熟期转运到籽粒的,另一个是花后同化积累^[25],但二者所占比例大小因环境、品种等不同而异^[14],并且,在花前转运的干物质中,各器官的转运量、转运率及其对籽粒的贡献率也不尽相同。屈会娟等^[26]研究表明,小麦在开花后光合积累的干物质对籽粒的贡献率均大于开花前贮藏干物质分配对籽粒的贡献率。在一定范围内,增加施氮量有利于开花前贮藏的干物质向籽粒的再分配^[27],但是降低了花前干物质向籽粒的转运量和贡献率,而增加了花后的积累量和对籽粒的贡献率^[28]。郭文善等^[29]研究认为,花前茎秆和叶鞘的干物质积累量、花后的同化量、总的转运量和转运率均随施氮肥量的增加而增加。本试验结果表明,3 个品种(系)的干物质转运量和对籽粒的贡献率茎秆大于叶片,QTBI3 和 QTB25 叶片和茎秆的干物质转运量随着施肥量的增加先增后降。施肥增加了 QTBI3 和 QTB25 叶片和茎秆的干物质转运率和干物质转运量对籽粒的贡献率,但降低了藏青 27 叶片和茎秆的转运率和对籽粒的贡献率。不同施肥水平下,各青稞品种(系)的花后干物质积累量和对籽

粒的贡献率均大于花前,干物质积累率花前大于花后。3 个品种(系)青稞花前和花后的干物质积累量均随施肥水平的提高而先升后降,QTBI3 和 QTB25 花前和花后的干物质积累量在 F2 处理最大,藏青 27 花后的干物质积累量在 F3 处理最大。干物质花前积累率和对籽粒的贡献率 QTBI3 和 QTB25 的随着施肥量的增加不断增加,藏青 27 的随着施肥量的增加不断下降。干物质花后积累率和对籽粒的贡献率 QTBI3 和 QTB25 的随着施肥量的增加而降低,藏青 27 干物质花后积累率和对籽粒的贡献率随着施肥量的增加而增加,均在 F3 处理最大。说明适宜的施肥水平可以增加青稞叶片和茎秆干物质的转运以及花前和花后干物质的积累,协调花前和花后干物质对籽粒的贡献率,提高经济产量。

参考文献:

- [1] 孟凡德,马林,石书兵,等. 不同耕作条件下春小麦干物质积累动态及其相关性状的研究[J]. 麦类作物学报,2007,27(4):694-702.
- [2] 徐寿军,包海柱,张凤英,等. 施肥水平对冬大麦干物质和氮素积累与转运的影响[J]. 核农学报,2012,26(8):1183-1189.
- [3] 凌启鸿. 作物群体质量[M]. 上海:上海科学技术出版社,2000:222-242.
- [4] 李朝霞,赵世杰,孟庆伟,等. 高粒叶比小麦群体生理基础研究进展[J]. 麦类作物学报,2002,22(4):81-85.
- [5] ZHANG J H, LIU J L, ZHANG J B, et al. Effects of nitrogen application rates on translocation of dry matter and utilization of nitrogen in rice and wheat[J]. Acta Agronomica Sinica,2010,36(10):1737-1746.
- [6] 朱新开,郭文善,范琦,等. 小麦不同产量群体干物质积累指标差异研究[J]. 天津农学院学报,2004,11(3):10-15.
- [7] 曾广伟,林琪,姜雯,等. 不同土壤水分条件下施磷量对小麦干物质积累及耗水规律的影响[J]. 麦类作物学报,2009,29(5):849-854.
- [8] 王小明,王振峰,张新刚,等. 不同施氮量对高产小麦茎秆消长、花后干物质积累和产量的影响[J]. 西北农业学报,2013,22(5):1-8.
- [9] 何文铸,李贝弗,刘永红,等. 不同耕作方式对小麦花后干物质积累及产量的影响[J]. 西南农业学报,2005,18(4):397-402.
- [10] 叶优良,王玲敏,黄玉芳,等. 施氮对小麦干物质累积和转运的影响[J]. 麦类作物学报,2012,32(3):488-493.
- [11] 罗宏博,海江波,白银萍,等. 穴播栽培对冬小麦生理特性及干物质积累的影响[J]. 西北农业学报,2016,25(6):841-848.
- [12] 张均华,刘建立,张佳宝,等. 施氮量对稻麦干物质转运与氮肥利用的影响[J]. 作物学报,2010,36(10):1736-1742.
- [13] 王兵. 氮肥用量和栽培模式对西北旱地冬小麦生长和养分利用的影响[D]. 西北农林科技大学,2004:33-42.
- [14] 马冬云,郭天财,王晨阳,等. 施氮量对冬小麦灌浆期光合产物积累、转运及分配的影响[J]. 作物学报,2008,34(6):132-141.
- [15] 沈会权,蔡剑,陈和,等. 氮肥基追比对啤酒大麦花后叶片光合特性、干物质分配及产量的影响[J]. 南京农业大学学报,2009,32(4):7-12.

- [16]刘桃菊,唐建军,张东营,等.施氮量对大麦干物质生产及氮素吸收利用效率的影响[J].安徽农业科学,2010,38(35):20060-20062.
- [17]赵兵,庄健楠,郭萍,等.施肥水平对内蒙古东部灌区春大麦干物质积累与转运的影响[J].内蒙古民族大学学报(自然科学版),2017,32(2):122-127.
- [18]沈建辉,戴廷波,荆奇,等.施氮时期对专用小麦干物质和氮素积累、运转及产量和蛋白质含量的影响[J].麦类作物学报,2004,24(1):55-58.
- [19]王玉杰,王永华,韩磊,等.不同栽培管理模式对冬小麦花后干物质积累与分配特征及产量的影响[J].麦类作物学报,2011,31(5):899-906.
- [20]吕鹏,张吉旺,刘伟,等.施氮量对超高产夏玉米产量及氮素吸收利用的影响[J].植物营养与肥料学报,2011,17(4):852-860.
- [21]晏娟,沈其荣,尹斌.施氮量对氮高效水稻种质4007的氮素吸收、转运和利用的影响[J].土壤学报,2010,47(1):107-114.
- [22]王桂良,叶优良,李欢欢,等.施氮量对不同基因型小麦产量和干物质累积的影响[J].麦类作物学报,2010,30(1):116-122.
- [23]马建辉,张利霞,姜丽娜,等.氮肥和密度对冬小麦光合生理和物质积累的影响[J].麦类作物学报,2015,35(5):674-680.
- [24]姜丽娜,郑冬云,王言景,等.氮肥施用时期及基追比对豫中地区小麦叶片生理及产量的影响[J].麦类作物学报,2010,30(1):149-153.
- [25]郑成岩,于振文,马兴华,等.高产小麦耗水特性及干物质的积累与分配[J].作物学报,2008,34(8):1450-1458.
- [26]屈会娟,李金才,沈学善,等.种植密度和播期对冬小麦品种兰考矮早八干物质和氮素积累与转运的影响[J].作物学报,2009,35(1):124-131.
- [27]马东辉,王月福,周华,等.氮肥和花后土壤含水量对小麦干物质积累、运转及产量的影响[J].麦类作物学报,2007,27(5):847-851.
- [28]陆增根,戴廷波,姜东,等.氮肥运筹对弱筋小麦群体指标与产量和品质形成的影响[J].作物学报,2007,33(4):590-597.
- [29]郭文善,方明奎,王蔚华,等.氮素对小麦茎鞘物质贮藏和籽粒发育的调节效应[J].江苏农业研究,2001,22(4):1-4.