

不同冻水和起身水组配下的 冬小麦物质积累与分配

郭晓维¹, 赵春江¹, 梁振兴², 李鸿祥¹, 康书江¹, 王纪华¹

(1 北京市农林科学院作物研究所, 北京 100089; 2 中国农业大学, 北京 100094)

摘要: 研究表明, 随着冻、起总水量的增加或减少, 小麦单株干物质积累量呈明显增加或减少趋势。叶片随着冻、起总水量的降低, 在孕穗期前, 向茎秆的物质转移比例增大, 孕穗期后, 其自身干物质积累比例下降幅度越大, 相应地向穗部的物质转移比例也越大; 当处理总水量超过 $900\text{ m}^3/\text{hm}^2$ 时, 叶鞘干物质积累比例在春5叶时最大, 而不足 $900\text{ m}^3/\text{hm}^2$ 时则在春4叶时最大; 茎和穗子的干物质积累比例始终保持上升趋势。不同冻、起水组配对小麦不同器官可溶性糖含量具有明显的影响。冻、起总水量在 $600\text{ m}^3/\text{hm}^2$ 以上的条件下茎秆可溶性糖含量变化有2个明显的高峰期: 一个是春5叶期; 另一个是子粒形成期。在子粒形成期以前, 茎秆可溶性糖含量随着冻、起总水量的减少而呈上升趋势; 但在子粒形成期后, 茎秆可溶性糖含量随着冻、起总水量的减少而呈明显的下降趋势。叶片可溶性糖含量在开花前呈明显上升趋势; 而开花后, 叶片中大部分光合产物转移到穗部, 使可溶性糖表现下降趋势。叶鞘可溶性糖含量的变化规律与叶片相似。子粒可溶性糖含量从半仁期至子粒形成期呈明显上升趋势, 子粒形成期以后则明显降低, 而淀粉含量明显增高。

关键词: 冬小麦; 冻水; 起身水; 组配; 物质积累与分配

中图分类号: S512 110.7 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(1999)04-0073-10

小麦节水栽培的任务是研究小麦正常的生长发育规律与节约用水、提高水分利用效率的关系, 通过合理的栽培技术, 最终获得高产、稳产、低耗的经济产量, 而小麦在各个生育阶段物质积累、分配和运转状况又是决定其个体在不同时期生物产量水平, 营养器官与生殖器官物质积累总量及比例, 和最终经济产量的关键^[1~6]。目前北京地区关于冬小麦起身水对产量的作用还存在着模糊认识, 对起身水如何管理已成为当前生产的热点问题, 在相同栽培条件下的不同起身水管理导致了不同的产量结果。因此要解决这个问题还必须把直接影响起身水效应的冻水考虑进来, 研究冻水与起身水的组配效应。关于起身水的作用有许多学者以不同方式进行了研究^[7~11]; 关于冻水对冬小麦产量及其形成影响的研究却很少, 而关于冬小麦冻水与起身水的组配效应的研究至今尚未见报导。本研究的目的在于探索北京地区不同冻水、起身水组配下的冬小麦产量形成机理, 研究两种灌溉水对产量形成过程中物质积累与分配的作用, 为冬小麦的节水、高产栽培提供科学依据。

1 材料和方法

收稿日期: 1998-11-12
基金项目: 北京市重点科技攻关项目(9523601001)资助课题。
作者简介: 郭晓维, 男, 1964年生, 副研究员, 农学硕士, 主要从事作物栽培生理研究工作。

1.1 试验材料

试验采用北京地区主栽品种京冬 8 号。试验用水泥池共 72 个,全部带防雨棚;每个池的规格为:长 1.5 m×宽 1.2 m×深 1.6 m。

1.2 试验管理

播种期为 1996 年 9 月 25 日。密度为 2.24×10^6 株/hm²。施肥情况:底肥: N 111.9 kg/hm², P₂O₅ 111.9 kg/hm²;拔节肥: N 111.9 kg/hm²。浇水情况:底墒: 900 m³/hm²;拔节水、抽穗水和灌浆水均为 600 m³/hm²;越冬期和起身期为试验处理期。

1.3 试验处理

冻水水量 4 个水平: 900, 600, 300, 0 m³/hm²;起身水水量 3 个水平: 600, 300, 0 m³/hm²。浇水时期均在春 2 叶期,每个处理 6 次重复。处理情况见表 1。

表 1 试验处理 m³/hm²

项 目	处 理 编 号											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
冻水量	900	900	900	600	600	600	300	300	300	0	0	0
起身水量	600	300	0	600	300	0	600	300	0	600	300	0
总水量	1500	1200	900	1200	900	600	900	600	300	600	300	0

1.4 测定方法

1.4.1 植株干物重 取苗测定时间:春 4 叶期,春 5 叶期,孕穗期,子粒形成期,灌浆中后期。测定方法:分不同器官测定,包括茎秆、叶片、叶鞘、穗子。该项目与植株含水率、可溶性糖含量测定同步。

1.4.2 可溶性糖和淀粉的测定 测定时间:与植株干重测定同步;测定方法:可溶性糖采用蒽酮比色法测定;淀粉采用淀粉酶法测定。

2 结果与分析

2.1 不同冻水起身水组配的干物质积累与分配比例的变化

小麦产量的高低不仅取决于光合生产率,而且也取决于干物质的分配和库源关系,因此贯穿于小麦一生的干物质积累水平和分配状况是小麦生长发育的物质基础和能量基础。

试验结果(表 2)表明,各水处理单株干物质积累呈“S”型曲线变化,即:拔节期以前植株干物质积累处于缓慢增长期;拔节至抽穗期为快速增长期;以后生长速度又减慢直至停止。不同生育阶段各处理单株干重随着处理总水量的增加而提高。不同器官之间干物质积累比例的变化也有明显差异。各处理叶片从春 4 叶至灌浆中后期,干物重呈明显的下降趋势。1, 6 和 12 处理叶片干重比例分别下降了 38.6%, 41.78%和 42.2%。春 4 叶期,各处理以叶片生长为主,其干物重比例为 47%~54%;春 5 叶期,叶片干重比例有所降低,为 35%~44%。叶片干重比例有 2 个快速下降期:第 1 个是由春 5 叶至孕穗期;第 2 个是由子粒形成期至灌浆中后期。这可能与叶片为孕穗、抽穗和子粒灌浆提供了大量的物质来源有关。各处理叶鞘干物质积累情况表现为:总水量超过 900 m³/hm² 的处理从春 4 叶至春 5 叶期略有上升,以后一直下降;处理总水量不足 900 m³/hm² 的则由春 4 叶期至灌浆中后期始终表现下降趋势;从各处理

总的变化情况看,孕穗期至子粒形成期下降速度最快。茎秆的干重比例从春4叶至子粒形成期表现出明显的增长趋势,春5叶至孕穗期增长最快。穗子干物质积累始终保持上升趋势,子粒形成后其干重比例明显提高。不同器官在各水处理之间亦存在明显的差异。

叶片:各处理不同生育期随着处理总水量的降低,其叶片干重比例呈明显下降趋势。春4叶期,1,3,8处理叶片干重比例分别为53.7%,51.1%和50.6%。孕穗期,3个处理分别为26.9%,22.7%和21.8%。

从各处理不同生育期的变化幅度分析,从春4叶至孕穗期,随着处理总水量的下降,叶片在各生育阶段干重比例的平均降幅呈明显上升趋势。1,3,8处理的平均降幅分别为:13.4%,14.0%和14.4%。

从孕穗至灌浆中后期,随着处理总水量的减少,叶片干重比例在各生育阶段的下降幅度呈明显增大趋势。从孕穗期至子粒形成期,1,3,8处理叶片干重比例下降幅度分别为4.3%,4.7%和4.9%。子粒形成期至灌浆中后期,3个处理下降幅度分别为7.5%,7.7%和7.8%。

在冻水水量相同的条件下,起身水水量由600降至0 m³/hm²时,从春4叶至孕穗期,叶片干物质的输出比例在处理间的平均增幅为0.86%;从子粒形成期至灌浆中后期的平均增幅为0.14%。而在相同起身水水量的条件下,冻水水量由900降至0 m³/hm²时,从春4叶至孕穗期,叶片干物质输出比例的平均增幅为0.57%;从子粒形成至灌浆中后期的平均增幅为0.12%。

叶鞘:叶鞘的干物质积累与叶片相比略有不同,各处理从春4叶至孕穗期叶鞘干重比例变化比较平缓,1,2,4,5,7处理

表 2 冬小麦干物质积累与分配情况

处理	单株干重(g)				茎秆干重比例(%)				叶片干重比例(%)				叶鞘干重比例(%)				穗干重比例(%)			
	子粒形成期				孕穗期				孕穗期				孕穗期				孕穗期			
	春4	春5	叶期	叶期	春4	春5	叶期	叶期	春4	春5	叶期	叶期	春4	春5	叶期	叶期	春4	春5	叶期	叶期
1	1.29	1.77	2.86	4.59	6.07	18.8	28.0	42.4	48.5	33.1	67.1	54.4	33.6	27.2	14.4	27.5	28.5	27.3	17.8	14.9
2	1.20	1.72	2.70	4.02	4.89	19.8	29.8	44.7	50.5	33.1	65.5	52.7	31.6	25.0	12.6	27.8	28.0	26.4	16.8	14.3
3	1.10	1.66	2.54	3.27	4.49	20.3	32.1	46.1	51.8	37.2	63.9	49.7	28.4	22.0	10.5	28.6	28.1	26.0	16.1	13.1
4	1.25	1.75	2.72	4.10	5.22	18.9	28.5	43.2	49.2	33.7	66.7	54.1	33.1	26.6	13.9	27.7	28.2	26.7	17.3	14.6
5	1.14	1.67	2.61	3.40	4.62	20.4	31.3	45.2	50.9	36.0	64.2	50.2	29.0	22.7	11.0	28.2	28.5	26.6	16.8	13.9
6	1.05	1.59	2.57	3.21	4.34	22.1	34.4	48.6	54.5	39.7	62.1	47.5	26.0	19.2	8.0	28.2	27.6	25.2	15.0	11.8
7	1.16	1.70	2.59	3.49	4.70	19.2	29.3	44.4	50.0	34.6	66.0	53.0	31.8	25.2	12.8	28.0	28.3	26.5	16.7	14.0
8	1.07	1.61	2.55	3.26	4.42	21.0	33.2	47.4	53.1	38.2	63.2	48.7	27.3	20.5	9.1	28.4	27.8	25.5	15.3	12.0
9	0.84	1.51	2.49	3.02	4.04	23.1	35.9	50.2	55.9	40.8	60.4	45.4	23.6	16.5	6.3	28.6	27.8	25.1	14.6	11.1
10	1.08	1.64	2.56	3.29	4.48	21.8	33.7	47.8	53.4	38.6	62.9	48.6	27.3	20.7	9.2	27.9	27.4	25.2	15.2	12.0
11	0.96	1.56	2.51	3.10	4.12	22.0	34.5	48.7	54.5	40.0	61.6	46.8	25.2	18.3	7.3	28.7	28.1	25.6	15.3	12.0
12	0.79	1.49	2.39	2.81	3.72	23.8	37.1	51.6	57.3	32.7	59.2	43.8	22.0	15.2	5.9	28.8	27.8	24.8	14.3	10.7

从春 5 叶期才表现出明显下降趋势, 从孕穗期, 1, 3, 8 处理分别为 27. 3%, 26. 0%和 25. 5%。

在相同冻水水量或起身水水量条件下, 从子粒形成至灌浆中后期, 降低起身水水量或冻水水量对该阶段叶鞘物质输出的促进作用相差不大。

茎秆: 随着处理总水量的降低, 茎秆在各生育阶段的干重比例呈明显上升趋势。春 4 叶期, 1, 3, 8 处理分别为 18. 8%, 20. 3%和 21. 0%。孕穗期, 3 个处理分别为 42. 4%, 46. 1%和 47. 4%。

在冻水水量相同条件下, 起身水水量由 600 降至 $0\text{ m}^3/\text{hm}^2$ 时, 从春 4 叶至孕穗期间, 茎秆干物质输入比例的平均增幅为 1. 10%; 而在相同起身水水量条件下, 冻水水量由 900 至 $0\text{ m}^3/\text{hm}^2$ 时, 在同期茎秆干物质输入比例的平均增幅为 0. 69%。

穗子: 随着处理总水量的减少, 穗子在各发育阶段的干重比例呈明显的加大趋势。孕穗期 1, 3, 8 处理穗子干重比例分别为 3. 4%, 5. 2%和 5. 3%。这主要是由于同期叶片、叶鞘干重比例下降的结果。

在冻水水量相同条件下, 起身水水量由 600 降至 $0\text{ m}^3/\text{hm}^2$ 时, 从孕穗至灌浆中后期转移到穗子的干物质比例在处理间的平均增幅为 2. 01%; 而在起身水水量相同的条件下, 冻水水量由 900 降至 $0\text{ m}^3/\text{hm}^2$ 时, 在该阶段转移到穗子的干物质比例平均增幅为 1. 68%。

综合上述, 冻水起身水对小麦干物质的积累与分配具有明显的影响。从春 4 叶至孕穗前, 小麦叶片的干物质积累呈明显下降趋势, 此期叶片的物质输出主要是满足于茎秆生长的物质需要, 而且随着处理总水量的减少, 叶片向茎秆的物质转移比例越大, 有利于茎秆和前期穗部的发育。此期叶鞘干物质积累变化不明显。从孕穗至灌浆中后期, 叶片、叶鞘、茎秆和穗子干物质积累比例均随处理总水量的减少而不同程度地下降。此期, 随着浇水量的减少, 叶片、叶鞘物质输出比例明显提高, 其中叶片表现更突出, 茎秆干物质比例变化不大; 而同期穗子干物质积累比例则随浇水量的减少而明显上升, 这主要是由于叶片物质大量转移到穗部的原因。因此, 减少冻水和起身水水量, 可以促进小花的结实和粒重的提高。

在子粒形成以后, 降低起身水水量对该阶段叶片、叶鞘的干物质转移和同期穗子干物质积累的促进作用大于冻水。在子粒形成以前, 降低起身水水量对该阶段叶片干物质输出和茎秆干物质积累的促进作用大于冻水。

在相同情况下, 降低起身水水量对叶片、叶鞘干物质输出和茎秆穗子干物质积累的促进作用大于冻水。而且在冻、起总水量相同的条件下, 以起身水水量较少的组配对叶片、叶鞘干物质输出和茎秆、穗子干物质积累最为有利。

2.2 不同冻、起水组配对冬小麦可溶性糖积累与分配的影响及后期子粒淀粉含量的变化特点

试验结果(表 3)表明, 各处理不同器官之间的可溶性糖在各生育阶段的积累与分配有其不同的变化规律。

茎秆: 处理总水量 $600\text{ m}^3/\text{hm}^2$ 以上的茎秆可溶性糖含量的变化有 2 个高峰值, 由春 4 叶期开始明显上升, 到春 5 叶期到达最高峰; 而后下降, 到开花期降低到低谷; 在子粒形成期又出现第 2 个高峰, 以后逐渐降低。

各处理之间的茎秆可溶性糖含量在不同生育阶段的变化具有明显的差异。在子粒形成期以前, 各处理随着浇水总量的减少, 其茎秆可溶性糖含量呈明显的上升趋势。在春 4 叶期, 1, 3, 8 号处理茎秆可溶性糖含量分别为 7. 48%, 9. 06%和 10. 37%。在开花期, 3 种处理分别为

12.21%, 16.93%和 17.33%。从子粒形成期开始,各处理茎秆内的可溶性糖含量有明显的变化,即随着冻、起总水量的减少,茎秆内可溶性糖含量呈明显下降趋势,在子粒形成期,3种处理茎秆可溶性糖含量分别为 20.01%, 18.67%和 15.75%。在灌浆中后期,3种处理分别为: 9.71%, 6.43%和 6.03%。

表 3 冬小麦的糖分积累与分配情况

处理	茎秆可溶性糖(%)					叶片可溶性糖(%)					子粒淀粉(%)	
	春 4 叶期	春 5 叶期	开花 期	子粒 形成 期	灌浆 中后期	春 4 叶期	春 5 叶期	开花 期	子粒 形成 期	灌浆 中后期	子粒 形成 期	灌浆 中后期
1	7.48	14.57	12.21	20.01	9.71	5.33	5.77	9.06	4.59	4.02	9.22	58.14
2	8.01	17.20	14.83	19.56	7.61	6.04	7.22	9.32	5.39	3.89	15.36	60.04
3	9.06	19.56	16.93	18.67	6.25	6.69	7.74	10.74	6.07	3.53	16.90	62.16
4	7.48	16.80	14.05	19.92	8.81	5.76	6.95	9.23	5.25	3.98	10.91	58.50
5	8.42	19.43	15.75	19.00	6.69	6.43	7.58	10.37	6.04	3.74	16.07	62.04
6	14.31	22.30	19.17	14.87	5.89	7.63	8.92	11.94	5.64	3.11	18.55	62.75
7	8.40	17.33	15.62	19.04	6.95	6.25	7.41	9.01	5.90	3.90	15.60	61.81
8	10.37	20.87	17.33	15.75	6.03	7.48	8.66	11.55	5.89	3.22	18.91	62.64
9	16.93	26.39	21.14	14.44	5.54	8.53	9.18	12.89	5.32	3.01	20.21	63.82
10	10.37	20.87	17.20	16.78	6.23	7.35	8.27	11.03	5.93	3.30	17.85	62.64
11	15.49	25.47	20.79	14.44	5.71	8.01	9.06	12.01	5.48	2.83	19.15	62.99
12	22.32	27.44	21.14	13.00	4.46	9.06	9.32	14.05	5.00	2.75	23.87	64.64

处理	叶鞘可溶性糖(%)					子粒可溶性糖(%)			颖壳可溶性糖(%)	
	春 4 叶期	春 5 叶期	开花 期	子粒 形成 期	灌浆 中后期	开花 期	子粒 形成 期	灌浆 中后期	子粒 形成 期	灌浆 中后期
1	7.09	8.27	6.43	5.47	5.02	27.83	51.71	7.09	5.51	8.92
2	8.01	9.06	7.09	6.04	4.94	27.68	47.70	6.17	6.04	7.87
3	9.45	9.84	8.27	6.52	4.78	26.39	45.69	5.91	6.38	6.95
4	7.61	8.66	6.95	5.79	5.00	27.70	48.45	6.83	5.77	8.53
5	9.06	9.19	8.06	6.43	4.74	26.65	45.82	6.00	6.31	7.48
6	10.63	12.60	8.92	7.00	4.37	24.68	44.77	5.70	6.82	5.77
7	8.66	9.08	7.22	6.17	4.87	27.44	45.95	6.04	6.30	7.74
8	9.71	11.68	8.53	6.74	4.55	25.86	45.33	5.75	6.60	6.30
9	12.34	15.23	9.71	7.31	3.88	22.84	40.83	4.62	7.48	3.15
10	9.53	10.37	8.40	6.69	4.72	26.13	45.56	5.83	6.43	6.43
11	10.76	13.39	9.58	7.22	4.03	24.42	43.46	4.93	7.22	4.85
12	14.57	16.15	10.89	7.75	2.88	21.79	40.31	2.95	7.74	4.46

在相同冻水水量条件下,降低起身水水量对子粒形成期以前茎秆可溶性糖含量的提高作用大于冻水。在春 5 叶期,冻水水量分别为 900, 600, 300 和 0 m³/hm²,起身水水量由 600 降至 0 m³/hm² 时,茎秆可溶性糖含量在处理间平均增幅分别为 2.50%, 2.82%, 4.53%和 6.57%,4 项平均为 4.11%;在起身水水量分别为 600, 300 和 0 m³/hm²,冻水水量由 900 降至 0 m³/hm² 时,茎秆可溶性糖含量的平均增幅分别为 2.10%, 2.76%和 2.63%,3 项平均为 2.50%。

在相同冻、起总水量条件下,起身水水量较少的组合对子粒形成前茎秆可溶性糖积累和在子粒形成以后茎秆可溶性糖输出的促进作用最明显。

叶片:各处理叶片可溶性含量,从春4叶至开花期呈明显的上升趋势;开花以后,叶片可溶性糖含量逐渐降低。在春4叶期、开花期和灌浆中后期,1号处理的叶片可溶性糖含量分别为5.33%、9.06%和4.02%;6号处理的分别为7.63%、11.94%和3.11%;12号处理的分别为9.06%、14.05%和2.75%。

各处理之间的叶片可溶性糖含量在不同生育阶段的变化具有明显的差异。小麦开花前随着处理总水量的减少,叶片可溶性糖含量在各生育阶段呈明显的上升趋势。春4叶期,1,3,8号处理叶片可溶性糖含量分别为5.33%、6.69%和7.48%。开花期,3种处理分别为9.06%、10.74%和11.55%。而且随着处理总水量的减少,叶片可溶性糖在各生育阶段的平均增幅呈明显的上升趋势。3种处理的平均增幅分别为1.86%、2.03%和2.04%。在开花以后,各处理叶片可溶性糖含量发生了明显变化,随着处理总水量的减少,叶片可溶性糖含量表现出下降的趋势。在子粒形成期,3种处理叶片可溶性糖含量分别为4.59%、6.07%和5.89%。从开花期至灌浆中后期,随着处理总水量的减少,叶片中可溶性糖的下降幅度呈明显的增大趋势。3种处理在各阶段的平均降幅分别为2.52%、3.61%和4.16%。

在子粒形成期以前,在相同条件下,降低起身水水量对该阶段叶片可溶性糖积累的促进作用大于降低冻水水量的作用。在春5叶期,冻水水量分别为900,600,300和0 m³/hm²,起身水量由600降至0 m³/hm²时,叶片可溶性糖在处理间的平均增幅分别为1.00%、0.90%、0.80%和0.53%,4项平均为0.85%;在同期,起身水水量分别为600,300和0 m³/hm²,冻水水量由900降至0 m³/hm²时,叶片可溶性糖的平均增幅分别为0.83%、0.61%和0.53%,3项平均为0.66%。

在子粒形成期以后,在相同条件下降低起身水水量对该阶段叶片可溶性糖转移的促进作用大于降低冻水水量的作用,在子粒形成期,分别在以上4个冻水水量条件下降低起身水水量时,叶片可溶性糖含量的平均降幅分别为0.22%、0.36%、0.44%和0.45%,4项平均为0.37%。分别在以上3种水平的起身水水量条件下,降低冻水水量时叶片可溶性糖含量的平均降幅分别为0.19%、0.23%和0.35%,3项平均为0.26%。

在冻、起总水量相同条件下,以起身水水量较少的组配为最有利于子粒形成期后叶片可溶性糖输出的组配。

叶鞘:在春5叶期以前,各处理叶鞘可溶性糖含量随着生育进程表现为上升趋势;在春5叶时为最大;春5叶期以后又逐渐下降。1号处理在春4叶、春5叶和子粒形成期叶鞘可溶性糖含量分别为7.09%、8.27%和5.47%;3号处理在以上3期叶鞘可溶性糖含量分别为9.45%、9.84%和6.52%;9号处理分别为12.34%、15.23%和7.31%。

各处理在子粒形成期之前,随着冻、起总水量的减少,各期叶鞘可溶性糖含量呈明显的上升趋势。在春5叶期,1,3,9号处理叶鞘可溶性糖含量分别为8.27%、9.84%、15.23%。

在子粒形成期以后,各处理叶鞘可溶性糖发生了明显的变化。随着冻、起总水量的减少,叶鞘可溶性含量呈明显的下降趋势。在子粒灌浆中后期,1,3,9号处理叶鞘可溶性糖含量分别为5.02%、4.78%、3.88%。

在子粒形成期以前,相同条件下,降低起身水水量对叶鞘可溶性糖积累的促进作用大于降

低冻水水量的作用。在春5叶期,冻水水量分别为900, 600, 300和 $0\text{ m}^3/\text{hm}^2$ 条件下降低起身水水量时,叶鞘可溶性糖含量的平均增幅分别为0.79%, 1.98%, 3.07%和3.00%, 4项平均为2.18%。在同期,起身水水量分别为600, 300和 $0\text{ m}^3/\text{hm}^2$ 条件下降低冻水水量,叶鞘可溶性糖含量的平均增幅分别为0.70%, 1.44%和2.10%, 3项平均为1.41%。

在子粒形成期以后,相同条件下,降低起身水水量对叶鞘可溶性糖输出的促进作用大于降低冻水水量的作用。在子粒灌浆中后期,分别在4个冻水水量下降低起身水水量时,叶鞘可溶性糖含量的平均降幅分别为0.12%, 0.32%, 0.49%和0.92%, 4项平均为0.46%。在同期,分别在3个起身水水量条件下降低冻水水量时,叶鞘可溶性糖含量的平均降幅分别为0.10%, 0.30%和0.63%, 3项平均为0.34%。

在相同冻、起总水量条件下,以起身水水量较少的组配为最有利于子粒的形成期以后叶鞘可溶性糖转移的组配。

子粒:各处理子粒从半仁期对子粒形成期,其可溶性糖含量呈明显上升趋势,子粒形成期达到最大值;以后则明显降低。在子粒半仁期、子粒形成期和子粒灌浆中后期,1号处理子粒可溶性糖含量分别为27.83%, 51.71%和7.09%;3号处理的分别为26.39%, 45.69%和5.91%;9号处理的分别为22.84%, 40.83%和4.62%。

不同处理之间,随着冻、起总水量的减少,各期子粒可溶性糖含量呈明显下降趋势。子粒形成期:1, 2, 3号处理子粒可溶性糖含量分别为51.71%, 47.70%, 45.69%;10, 11, 12号处理分别为45.56%, 43.46%, 40.31%。在灌浆中后期,前3个处理的分别为7.09%, 6.17%和5.91%;后3个处理分别为5.83%, 4.93%和2.95%。

试验结果同时说明,随冻水或起身水水量的降低,减少起身水水量对子粒可溶性糖向淀粉转化的促进作用大于减少冻水水量的作用。在冻、起总水量相同条件下,以起身水水量较少的组合为最有利于子粒可溶性糖向淀粉转化的组配。

在冻水水量分别为900, 600, 300和 $0\text{ m}^3/\text{hm}^2$ 条件下,起身水量由600降至 $0\text{ m}^3/\text{hm}^2$ 时,子粒在半仁期可溶性糖含量的平均增幅分别为0.72%, 1.51%, 2.20%和2.31%, 4项平均为1.69%;在子粒灌浆中后期平均增幅分别为0.43%, 0.59%, 0.56%, 0.96%, 4项平均为0.64%。在起身水水量分别为600, 300和 $0\text{ m}^3/\text{hm}^2$ 条件下,冻水水量由900降至 $0\text{ m}^3/\text{hm}^2$ 时,子粒在半仁期可溶性糖含量的平均增幅分别为0.57%, 1.09%和1.53%, 3项平均为1.06%;在子粒灌浆中后期平均增幅分别为0.42%, 0.41%和0.99%, 3项平均为0.61%。

颖壳:冻、起总水量超过 $600\text{ m}^3/\text{hm}^2$ 时,颖壳从子粒形成期至灌浆中后期,可溶性糖含量仍为上升趋势。而不足 $600\text{ m}^3/\text{hm}^2$ 的处理则表现下降趋势。1号处理颖壳在上述2个期的可溶性糖含量分别为5.51%和8.92%;9号处理分别为7.48%和3.15%。说明降低冻、起水量有利于子粒发育期颖壳可溶性糖向子粒的转移。

在冻、起总水量相同条件下,以起身水水量较少的组配为最有利于颖壳可溶性糖向子粒的转移。

试验结果同时表明,子粒在形成期以后,其淀粉含量快速地升高。从子粒形成期至灌浆中后期,1号处理子粒淀粉含量由9.22%升至58.14%;3号处理由16.90%升至62.16%;9号处理由20.21%升至63.82%。

各处理之间,随着冻、起总水量的降低,各期子粒淀粉含量呈明显的上升趋势。在子粒形

成期, 1, 3, 9 号处理子粒淀粉含量分别为 9.22%, 16.90%, 20.21%。在灌浆中后期, 以上 3 个处理分别为 58.14%, 62.16%, 63.82%。

试验结果还表明, 降低起身水水量对子粒淀粉积累的促进作用大于降低冻水水量的作用。在冻、起总水量相同条件下, 起身水水量较少的组配最有利于子粒淀粉的积累。

在冻水水量分别为 900, 600, 300 和 $0 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 条件下, 起身水水量由 600 降至 $0 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 时, 子粒在形成期淀粉含量的平均增幅分别为 3.84%, 3.78%, 3.01% 和 2.31%, 4 项平均为 3.24%; 在子粒灌浆中后期, 平均增幅分别为 2.01%, 2.13%, 1.0% 和 1.0%, 4 项平均为 1.54%。在起身水水量分别为 600, 300 和 $0 \text{ m}^3/\text{hm}^2$, 冻水水量由 900 降至 $0 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 时, 子粒形成期可溶性糖的平均增幅分别为 2.88%, 2.32% 和 1.26%, 3 项平均为 2.15%; 在子粒灌浆中后期, 平均增幅分别为 1.49%, 0.99% 和 0.83%, 3 项平均为 1.10%。

3 讨论

在小麦生长发育过程中, 水分的控制可以作为调节小麦物质生产、产量形成和实现高产的重要手段。本研究结果证明, 水分对小麦的物质积累与分配具有双重影响, 特别在其快速生长期, 表现得更为明显。在供水充足条件下, 小麦干物质积累量明显提高, 可为后期的生殖生长和最终的子粒形成提供充足的物质来源, 这是对获得高产有利的一面; 但同时小麦生长发育速度减缓, 在相同生育阶段营养器官的物质向生殖器官的转移比例下降, 有相当一部分物质没有即时转移而滞留在营养器官中造成了浪费, 水分利用效率降低。在供水相对不足条件下, 小麦的干物质积累明显下降, 获得高产的物质基础不足, 但向生殖器官和后期子粒的物质转移比例增加, 营养器官中的物质残留减少, 水分利用效率提高, 这又是有利于增产的一面。因此针对水分利用效率和不同水平的产量目标, 存在着最佳的水分调控方法, 即在某一产量水平下达到最高水分利用效率即高产高效的水分管理方法。这是需要进一步研究的问题。

本研究结果说明, 在相同条件下, 起身水对小麦的物质积累与分配的影响均大于冻水的影响, 这可能与水分管理的时期有关, 起身期正值小麦快速生长的初期和分蘖形成的高峰期, 体内物质开始加速积累, 此时水分的促进或相对的抑制效应最明显。因此, 通过起身水对冬小麦进行物质调节是实现高产的重要手段之一。在相同冻水或起身水水量条件下, 改变起身水水量, 冻水对物质积累与分配的影响也相应发生变化, 应该存在一个最大的影响幅度值, 而并非随水量的增加而不断提高。

参考文献:

- [1] 冯广龙, 等. 节水灌溉对冬小麦干物质分配、灌浆及水分利用率的影响[J]. 华北农学报, 1998, 13(2): 11—17.
- [2] 介晓磊, 等. 土壤水胁迫对冬小麦生长发育、干物质积累与分配的影响[J]. 河南农业大学学报, 1999, 25(3): 339—350.
- [3] 王万里, 等. 灌浆—成熟期间土壤干旱对小麦子粒充实和物质运转的影响[J]. 植物生理学报, 1992, 8(1): 67—81.
- [4] 隋向真. 灌浆水对小麦开花前后叶片¹⁴C 同化物的转运及分配影响的比较研究. 见: 小麦节水高产研究[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1995. 104—110.
- [5] Hamblin A, Tennant D, Perry M W. The cost of stress: dry matter partitioning changes with seasonal supply of water and nitrogen to dryland wheat [J]. Plant and Soil, 1990, 122: 47—58.
- [6] Pheloung P C, Siddique K H M. Contribution of stem dry matter to grain yield in wheat cultivars [J]. Aust J Plant Physiol, 1991, 18: 52—64.
- [7] 王树安, 等. 晚播冬小麦春季单期灌水效应的研究. 见: 小麦节水高产研究[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1995. 16—39.
- [8] 兰林旺, 等. 晚播冬小麦起身水及其灌水组合效应的研究. 见: 小麦节水高产研究[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1995. 30—44.
- [9] 李雁鸣, 等. 河北省不同生态条件下冬小麦高效灌水技术的研究[J]. 江苏农学院学报, 1996, 17(增刊): 184—189.
- [10] 刘兴海, 等. 春季灌水次数、灌水量对冬小麦生育和抗逆的影响[J]. 北京农业大学学报, 1992, 18(18): 1—11.
- [11] 张艳梅, 等. 前期灌水对小麦分蘖发生及生长的影响[A]. 见: 第一届全国青年作物栽培生理学术会议论文集 C]. 北京: 中国科学技术出版社, 1993. 85—90.

Dry Matter Accumulation and Distribution in Winter Wheat Under Different Combinations of Overwintering and Jointing Irrigations (O-J Irrigations)

GUO Xiao-wei¹, ZHAO Chun-jiang¹, LIANG Zhen-xing²,

LI Hong-xiang¹, KANG Shu-jiang¹, WANG Ji-hua¹

(1 Crops Institute, Beijing Municipal Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Beijing 100089;

2 China Agricultural University, Beijing 100094)

Abstract: The studies showed that dry matter accumulation in wheat plants changed with the amount of O-J irrigations. The translocation of dry matter from leaves to stems tended to increase before the bearing period, while the translocation of dry matter from leaves to spikes tended to increase after that period. Dry matter accumulation in sheathes reached maximum either in the 5th-spring-leaf period when the amount of O-J irrigations was above $900 \text{ m}^3/\text{ha}$, or in the 4th-spring-leaf period when this amount was below $900 \text{ m}^3/\text{ha}$. Dry matter accumulation in stems and spikes tended to increase throughout the life cycle.

The different combinations of O-J irrigations had a remarkable effect on the soluble sugar content in different wheat organs. The soluble sugar content in stems, when the amount of O-J irrigations was higher than $600 \text{ m}^3/\text{ha}$, had two peak periods, one being the 5th-spring-leaf period and the other being the kernels formation period. That of stems increased with the decrease of the amount of O-J irrigations before the period of kernels formation. That of leaves increased before bloom and decreased after that, while most of photosynthate in leaves was translocated into spikes, sheathes were found similar to leaves in the translocation of soluble sugars. That of kernels increased before the kernels formation period and decreased afterwards. The starch content of kernels obviously increased after the kernels formation period.

Key words: Winter wheat; Combinations of overwintering and jointing irrigations; Matter accumulation and distribution