

施钾对扬麦 158 等小麦品种的 养分吸收与生物产量的影响*

杜承林 祝 斌

(中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008)

陶帅平 葛志清 虞国兴 印良柏

(溧阳市土肥站, 江苏溧阳 213300) (句容市良种场, 江苏句容 212444)

摘 要 采用田间试验、室内分析与数理统计相结合的方法研究了不同施钾水平对扬麦 158 在不同生育期体内的氮(N)、磷(P)、钾(K)含量、吸收量及干物质积累量的影响。还比较了同一施肥水平下, 扬麦 158 等 7 个品种的养分吸收差异。结果表明, 拔节- 孕穗阶段是小麦养分吸收和生物产量积累的最快时期。不同生育阶段除含磷量较为稳定外, 氮、钾变幅大。因此, 在制定施肥方案时, 应重视氮、钾的合理配合, 以满足小麦“高产、优质、高效”生产的营养需要。

关键词 钾肥, 小麦, 养分吸收, 生物产量

中图分类号 S143.3

1995 年江苏省小麦播种面积 215.03 万 hm^2 , 平均产量达到 $4\ 151\ \text{kg}\ \text{hm}^{-2}$, 在冬小麦产区仅次于山东($5\ 137\ \text{kg}\ \text{hm}^{-2}$), 居第 2 位^[1]。小麦产量受气候、品种、施肥等多种因素的综合影响, 其中肥料的作用通常占到 40% 左右。

70 年代的研究已证明, 良种的推广是小麦高产的基础, 而高产潜力的发挥, 钾肥的施用具有重要的意义^[2]。近年来, 江苏省土肥站针对全省主要土壤钾素肥力迅速下降的实际情况, 在大面积、多作物上实施补钾工程, 平衡施肥技术有了显著的进步^[3,4], 但施钾对小麦的养分含量、吸收量及生物产量的影响未见报道, 我们针对扬麦 158 及相关品种进行了有关试验。

1 材料与方 法

1.1 试验设计与肥料施用

田间试验在江苏溧阳和句容进行, 土壤均为下蜀黄土母质发育的水稻土, 土壤肥力水平在苏南地区属中、下等。前者利用南京土壤研究所的定位试验, 水稻、小麦轮作。本研究小麦取样设在该试验的第 2 年(第 4 季作物小麦)。小区间用水泥田埂隔开, 设有独立的排灌系统。后者为良种基地的试验田, 由于施肥相同, 小区间不分隔。

* 江苏省农林厅土肥站资助项目(合同号: 9708)

收稿日期: 1999- 12- 02; 收到修改稿日期: 2000- 04- 01

溧阳试点重点研究扬麦 158 在不同施肥(群众的习惯施肥和现代的平衡施肥)情况下的养分吸收。设 NP、NPK₁、NPK₂、NPK_{后效}(前季水稻施钾 180kg hm⁻², 本季小麦不施钾, 看后效) 4 个处理(代号为 1、2、3、4)。重复 4 次, 小区面积 40m²。施肥量见表 1。氮肥为尿素, 分基肥和追肥两次施用, 磷肥、钾肥则为过磷酸钙与氯化钾, 全部作基肥。

句容试点主要研究同一施肥水平下扬麦 158 等 7 个供试品种的养分吸收情况。小区面积 13m², 重复 3 次。除基肥用复合肥 1 050kg hm⁻²(N◇P₂O₅◇K₂O=8◇8◇9) 外, 另追施尿素 3 次, 累计用量为 443kg hm⁻², 折合纯养分共为每公顷 N 288kg, P 37kg, K 79kg。

表 1 试验设计与肥料用量

Table 1 Experimental design and fertilizer dosage (kg hm⁻²)

处理 Treatment	代号 No	N	P	K	处理 Treatment	代号 No	N	P	K
NP	1	195	24	-	NPK ₂	3	195	24	180
NPK ₁	2	195	24	90	NPK _{后效}	4	195	24	-

1.2 样品采集及室内分析

溧阳试验于小麦越冬期、返青期、分蘖高峰期、孕穗期、灌浆期和成熟期, 先后采样共 6 次。方法是在 16 个小区单独采样。同时调查茎蘖数量, 测定单株重(8~122 株平均值), 并计算生物产量。句容试验除越冬期和成熟期未采外, 中间 4 次与溧阳同步, 但不同的是仅在第 2 重复采样。

植株中氮、磷、钾的含量分析按文献[5]中“植物组织的元素分析方法”进行。

文中的养分含量, 溧阳为 4 个重复的平均值, 句容仅为第 2 重复结果, 均以 N、P、K 元素表示。

2 结果与讨论

2.1 不同生育期的养分含量

植株体内氮、磷、钾含量测定结果表明, 各期含量均以越冬期最高, 成熟期(茎秆)最低, 这是生物产量增加, 养分稀释的必然结果。在籽粒中除钾含量低外, 氮、磷含量都比较高(表 2)。

表 2 施钾对扬麦 158 不同生育期的氮、磷、钾含量的影响

Table 2 N, P, K content in the plant of Yangmai 158 at different stages (g kg⁻¹)

养分 Nutrient	代号 No	越冬 Hibernation	返青 Turning green	拔节 Jointing	孕穗 Booting	灌浆 Filling	成熟 Ripening	
							茎秆 Stem	籽粒 Grain
氮(N)	1	42.4	34.5	31.0	21.5	9.9	12.0	24.8
	2	36.6	24.6	18.3	18.7	4.9	5.8	20.7
	3	36.8	23.5	18.3	17.8	6.0	7.3	21.1
	4	42.5	27.0	22.6	17.7	5.8	7.6	22.5
磷(P)	1	3.9	3.2	3.6	2.7	1.2	1.8	5.4
	2	3.8	3.0	2.9	2.4	0.7	0.9	4.4
	3	3.8	3.0	2.9	2.3	0.7	1.2	4.3

续表 2

养分 Nutrient	代号 No	越冬 Hibernation	返青 Turning green	拔节 Jointing	孕穗 Booting	灌浆 Filling	成熟 Ripening	
							茎秆 Stem	籽粒 Grain
钾(K)	4	4.1	3.0	3.1	2.3	0.8	1.1	4.8
	1	11.1	10.2	9.1	6.9	3.4	5.1	5.6
	2	36.8	25.6	22.5	16.6	8.8	10.2	4.6
	3	41.9	30.0	26.7	19.4	13.9	10.4	4.3
	4	24.2	15.0	15.3	9.7	5.5	7.3	4.8

2.1.1 氮 越冬期扬麦 158 不同处理地上部分干重的含 N 量在 $36.6 \text{ g kg}^{-1} \sim 42.5 \text{ g kg}^{-1}$ 之间。在返青期、分蘖高峰期、孕穗期和灌浆期, 由于气温升高营养生长加快, 生物产量剧增, 养分浓度稀释, 地上部分含 N 量逐渐下降。成熟期茎秆含氮量比灌浆期稍有上升, 并以 NP 处理最高, 为 12.0 g kg^{-1} , 最低者为 NPK_1 处理, 只有 5.8 g kg^{-1} (表 2)。从处理间的比较看, 无钾的 NP 处理含 N 量均显著高于施钾处理, $\text{NPK}_{\text{后效}}$ 处理的含 N 量则介于 NP 与 NPK 之间, 表明施钾影响小麦体内的含 N 量。

句容的试验由于多次追施尿素, 其植株含氮量比前者高得多; 7 个品种之间虽有差异, 但不明显, 这与试验前未作严格的品种筛选, 品种间需氮差异不大有关 (结果略)。

2.1.2 磷 在扬麦 158 整个生育期内, 植株含磷量呈下降的趋势, 但变幅比 N、K 小得多, 结果见表 2。NP 处理与 NPK_2 处理相比, 植株含磷量仍有差异 (图 1)。而 NPK_1 、 NPK_2 、 $\text{NPK}_{\text{后效}}$ 无差异, 说明施钾影响磷的吸收。植株含 P 在灌浆期最低, 而籽粒中含磷量陡然升高, 反映了磷的转移及其在籽粒形成中的重要作用。

句容的 7 个小麦品种同期的含磷量, 均比溧阳扬麦 158 低, 如返青期在 $2.8 \sim 3.1 \text{ g kg}^{-1}$ 之间, 只有后者的 $74\% \sim 79\%$ 。这种差异可能是土壤养分与施肥不同引起的, 而品种之间几乎未见差异。

2.1.3 钾 越冬期, 扬麦 158NP 处理的植株含钾量为 11.1 g kg^{-1} ,

NPK_2 处理高达 41.9 g kg^{-1} 。灌浆期 NP 处理降至 3.4 g kg^{-1} , NPK_2 13.9 g kg^{-1} , 最高最低相差 3 倍以上 (表 2)。从表 2 的结果看出, 提高含钾量必须施用钾肥。通过施钾能供给小麦充足的钾素营养, 从而获得小麦的高产, 有关的试验已证明了这一点^[6]。施肥量相同的句容试验, 品种之间含钾量的差异不明显也间接证明了这一点。品种对比试验结果虽未见大的差异, 但国外的研究结果证明, 不同小麦品种对钾需求的差异是存在的^[7]。因此, 筛选耐低钾的小麦品种并推广对缓和我国钾肥严重不足具有重要的意义。

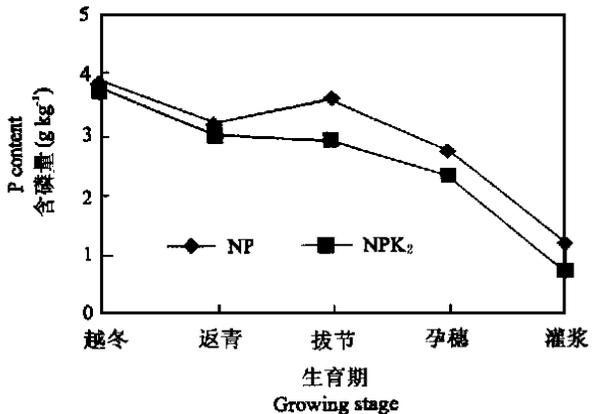


图 1 扬麦 158 不同生育期的含磷量

Fig. 1 P content of Yangmai 158 at different growing stages

2.2 钾氮交互作用及其对生物产量的影响

氮肥(NP处理)施入土壤后, NH_4^+ 是氮素转化的重要产物, 是作物根系吸收氮的主要形态, 因此, 施氮必然提高小麦体内的含氮量。氮、钾配施(NPK处理), 土壤溶液中既有大量 K^+ , 又有 NH_4^+ , K^+ 与 NH_4^+ 相比, K^+ 更易被根系吸收, 从而导致小麦体内含钾量增加, 含氮量下降, 这是氮、钾交互作用中的颉颃作用。这一作用在其他作物上同样存在^[8,9]。表2的结果表明, 尽管植株体内氮、钾的含量因钾肥施用差异很大, 然而由于养分离子之间的互补作用, 小麦体内养分浓度, 即 N、P、K 等养分含量的总和, 除越冬期差异很大外, 以后各期逐渐减小, 成熟期(茎秆和籽粒)几乎无差异(表3), 因此, 通过合理的肥料配比, 使小麦体内氮、磷、钾含量达到最佳平衡是非常重要的。

表3 不同时期小麦体内养分浓度

Table 3 Total nutrient concentration in the plant of Yangmai 158 at different stages (g kg^{-1})

代号 No	生育期 Growing stages						
	越冬 Hibernation	返青 Turning green	拔节 Jointing	孕穗 Booting	灌浆 Filling	成熟(稿秆) Ripening(Stem)	成熟(籽粒) Ripening(Grain)
1	57.4	47.9	43.7	31.1	14.5	19.8	35.8
2	71.2	53.2	43.7	37.7	14.4	16.9	29.7
3	82.5	56.5	47.9	39.5	20.4	18.9	29.8
4	70.8	45.0	41.0	29.7	11.9	16.0	32.1

另外, 从养分比值看出, N/P 变化极小, 而 N/K 比值则取决于是否施用钾肥及施用量的大小。

关于扬麦 158 最佳氮、钾比值, 在本研究的条件下, 从生育期的田间长势到收获期的实产, 表明在每公顷施 N 195kg、P 24kg 的条件下, 如不施钾肥, 除成熟期外, 各期的 N/K 比值在 3 左右, 小麦籽粒产量低至 395kg hm^{-2} 。如果进一步增加施氮量, 这一比值将更高, 减产更严重, 这在其他作物乃至蔬菜均有试验证明^[10]。相反, 配施 K 90~180kg hm^{-2} , N/K 比值则降至 1 左右(表4), 小麦籽粒产量达到 $1360\sim 2040\text{kg hm}^{-2}$, 较 NP 增产 245.3%~415.8%。由此可见, N、K 肥的合理施用不仅是协调小麦养分所必须的, 也是获得高产高效的前提。句容的品种试验, 比值均在 2 以下(结果略), 明显高于溧阳, 这与施 N 量高于溧阳, 而施 K 量又低于溧阳是一致的。

表4 施钾对扬麦 158 氮钾比值(N/K)的影响

Table 4 Effect of potassium fertilizer on the N/K in Yangmai 158

代号 No	生育期 Growing stages						
	越冬 Hibernation	返青 Turning green	拔节 Jointing	孕穗 Booting	灌浆 Filling	成熟(稿秆) Ripening(Stem)	成熟(籽粒) Ripening(Grain)
1	3.85	3.33	3.45	3.13	2.94	2.53	4.43
2	0.99	0.96	0.81	1.12	0.56	0.57	4.50
3	1.30	0.78	0.68	0.92	0.43	0.70	4.91
4	0.88	1.79	1.47	1.82	1.05	1.04	4.69

小麦出苗后,在土壤、肥料两者的养分供应和暖冬的双重影响下,生长偏旺,越冬前 NP 处理干物质积累量已达到 0.156g 株^{-1} (平均值, $n = 122$),其他处理是 NP 处理的 1.4~ 1.7 倍,以 NPK₂ 最高,达到 0.271g 株^{-1} (平均值, $n = 86$)。返青后进入生长旺期,到灌浆期每株在 1.28~ 2.56g 之间(平均值, $n = 32$),分别是越冬期的 8.2 倍、11.1 倍。

不同阶段干物质积累的速率是不同的。最低在出苗-越冬期,此期长达 65 天,其速率只有 $2.4\sim 24.2\text{mg 株}^{-1}\cdot\text{日}^{-1}$,最高峰出现在拔节-孕穗期,其速率达到 $12.7\sim 29.0\text{mg 株}^{-1}\cdot\text{日}^{-1}$ 。孕穗-灌浆期间,处理 1(NP)干物质积累速率开始下降。这与不施钾肥出现早衰有关。NPK_{后效}处理本季不施钾肥,钾肥虽有后效但难以满足后期需要,故生长速率也下降。其他两个处理稍有增加,但不明显,表明扬麦 158 干物质积累的高峰期大致出现在拔节-孕穗期间(表 5),这与氮、钾养分积累同步、几乎同时达最大值是一致的(表 6)。

表 5 扬麦 158 不同生育阶段的干物质积累速率

Table 5 Accumulation rate of dry matter weight in Yangmai 158 at different stages ($\text{mg plant}^{-1}\text{d}^{-1}$)

代号 No	出苗~ 越冬 Seedling~ Hibernation	越冬~ 返青 Hibernation~ Turning green	拔节~ 孕穗 Jointing~ Booting	孕穗~ 灌浆 Booting~ Filling
1	2.4	6.7	12.7	11.6
2	3.6	12.3	24.3	28.4
3	4.2	11.6	22.9	24.4
4	3.5	9.3	29.0	19.8

表 6 扬麦 158 不同生育阶段氮、钾养分的累积量

Table 6 Accumulation of nitrogen and potassium nutrients in Yangmai 158 at different stages (mg plant^{-1})

代号 No	吸 N 量 N uptake				吸 K 量 K uptake			
	越冬 Hibernation	返青 Turning	孕穗 Booting	灌浆 Filling	越冬 Hibernation	返青 Turning	孕穗 Booting	灌浆 Filling
1	6.6	14.1	16.8	12.7	1.7	4.2	5.4	4.4
2	8.5	17.2	23.2	12.5	8.5	17.9	20.6	22.5
3	10.0	16.7	25.5	14.9	11.4	21.3	27.7	34.5
4	9.6	15.7	23.0	12.5	5.5	8.7	12.6	11.8

2.3 生物产量和养分吸收

不同生育期的生物产量结果表明,由于当季钾肥的用量不同,前作水稻施用高钾(每公顷施 K 180kg),水稻尚未用完的部分钾对小麦有明显的后效,因而, NP 与其他 3 个处理不同时期的生物产量差异显著(图 2)。

关于钾肥施用,养分吸收及其对小麦籽粒产量的影响,在正常气候条件下,三者关系较为明确^[6]。而 1998 年夏熟作物由于受到极度反常的气候影响,如生长期“气温高、降雨多、光照少”,1 月 20 日低温危害和 3 月 20 日的大雪冻害等,溧阳夏熟作物平均产量只有 1997 年的 50% 左右,属严重灾害年份。在这种条件下,施用钾肥小麦籽粒增产高达 4 倍,这里钾肥既反映对小麦的营养效应,更反映了增强小麦抗逆性的效果,而且后者的作

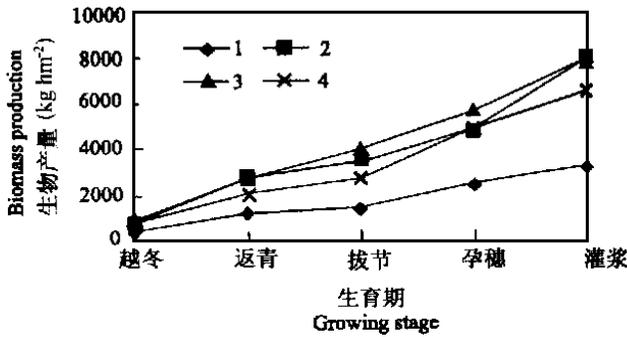


图2 扬麦 158 不同生育期的生物产量

Fig. 2 Biomass production of Yangmai 158 at different stages

用远超过前者。可见,小麦施钾可预防和减轻灾害的影响,发挥增产和抗灾的双重效果,在生产上具有重要的意义。

句容小麦品种对比试验表明,尽管不同品种的养分含量与 N/K 比值差异不大,但籽粒产量除与磷吸收量相关性不显著外,与氮、钾吸收量(灌浆期)之间的相关性仍达到 5%、1% 显著平准(相关系数 r 值分别为 0.795、0.956)。扬麦 158(包括 3 个

品种)是当前苏南麦区推广的主要品种,籽粒产量和养分吸收量均高于另外 3 个品种(表 7)。可见,合理施肥,尤其是钾肥与氮肥的配合施用是小麦高产的基础。

表 7 不同小麦品种的籽粒产量及养分吸收量

Table 7 Grain yield and nutrient uptake at in different wheat cultivars (kg hm^{-2})

品 种 Cultivars	籽粒产量 Grain yield		吸 N 量 N uptake		吸 P 量 P uptake		吸 K 量 K uptake	
	(kg hm^{-2})	(%)	拔节	灌浆	拔节	灌浆	拔节	灌浆
			Jointing	Filling	Jointing	Filling	Jointing	Filling
扬麦 158	2 137.5	100.0	43.2	86.1	2.4	6.2	27.8	84.2
扬 9515	2 160.0	100.1	37.1	94.2	2.0	5.7	22.8	93.6
扬 8856	2 040.0	95.4	54.3	67.7	3.3	4.7	36.9	82.4
扬 96G24	2 137.5	100.0	33.5	79.8	2.0	5.3	21.8	93.5
镇 9608	1 762.5	82.5	53.4	63.6	2.3	2.6	24.3	63.2
绵阳 26	1 527.0	71.4	41.0	67.5	2.4	4.5	26.0	60.8
句农 04	1 612.5	75.4	51.8	46.2	3.0	3.2	31.5	62.4

参 考 文 献

1. 中国农业年鉴编辑委员会. 中国农业年鉴. 北京: 中国农业出版社, 1996, 296
2. 杜承林. 太湖地区主要土壤供钾能力的初步研究. 土壤, 1983, 15(5): 170~ 175
3. 顾志权, 陆建华, 钱卫飞. 稻麦轮作条件下施钾技术的研究. 见: 江苏省土壤学会编写. 江苏土肥科技与农业持续发展. 南京: 河海大学出版社, 1997, 319~ 323
4. 孙兴祥, 刘有兄. 苏引麦 2 号氮磷钾化肥用量及运筹研究. 见: 江苏省土壤学会编写. 江苏土肥科技与农业持续发展. 南京: 河海大学出版社, 1997, 279~ 282
5. 中国土壤学会农业化学专业委员会. 土壤农业化学常规分析方法. 北京: 科学出版社, 1983, 272~ 278
6. 王建生, 黄福正等. 溧阳白土上小麦施钾效应的研究. 土壤, 1998, 30(4): 194~ 197
7. BEATON J D, SEKHON G S. 小麦和其他小粒谷类作物的钾素营养. 见: 范钦桢, 郑文钦等译. 农业中的钾. 北京: 科学出版社, 1995, 566~ 609
8. 谢建昌, 马茂同. 钾氮配合的效用和配比问题. 见: 谢建昌, 范钦桢, 郑文钦等编译. 农业生产中钾氮的交互作用. 南京: 江苏科学技术出版社, 1985, 49~ 58

9. LOUE A. 钾与氮的相互作用($N \times K$ 双因子试验: $N \times K$ 相互作用的意义和测定) 见: 谢建昌, 范钦桢, 郑文钦等编译. 农业生产中钾氮的交互作用. 南京: 江苏科学技术出版社, 1985, 32~ 48
10. 杜承林, 谢建昌. 蔬菜“两高一优”生产与钾肥施用. 见: 谢建昌, 陈际型等编著. 菜园土壤肥力与蔬菜合理施肥. 南京: 河海大学出版社, 1997, 165~ 172

EFFECT OF POTASSIUM APPLICATION ON NUTRIENT UPTAKE AND BIOMASS PRODUCTION OF YANGMAI 158 AND SOME OTHER WHEAT CULTIVARS

Du Chen-lin Zhu Bin

(Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008)

Tao Shua+ping Ge Zh+qing Yu Guo-xing

(Liyang Soil and Fertilizer Station, Jiangsu Liyang 213300)

Ying Liang-bo

(Jurong Cultivated Farmyard, Jiangsu Jurong 212444)

Summary

Methods of field experiment chemical analysis and data statistics were employed to study effect of potassium application on N, P, K content, nutrient uptake and dry matter accumulation of Yangmai 158 at different growing stages. Differences in nutrient uptake between seven cultivars including Yangmai 158 were also investigated at the same potassium application level. The results indicated that, the peak of nutrient uptake and biomass accumulation appeared at the jointing and booting stages. Phosphorus content of the wheat cultivars was comparatively stable, but nitrogen and potassium contents fluctuated at different growing stages. It suggests that combined application of N, P at a suitable ratio is necessary for a good fertilization recommendation to meet the nutrient demands of wheat for high yield, high quality and high economic efficiency.

Key words Potassium fertilizer, Wheat, Nutrients uptake, Biomass production