

西北地区不同小麦品种氮营养效率 差异及其机理研究^{*}

杜建军¹, 王新爱¹, 闵东红^{2a}, 李生秀^{2b}, 郑武乾^{2b}

(1 仲恺农业技术学院 植物营养与新型肥料研究室, 广东 广州 510225;

2 西北农林科技大学 a 农学院; b 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100)

[摘 要] 通过盆栽试验, 研究了西北地区20世纪50年代以来, 15个耐肥性不同的主要小麦品种的氮营养效率差异及其机理。结果表明, 供试的15个小麦品种中, 丰产3号、周麦9号和长武134在低氮和高氮下均可获得高产, 是适应性较广的品种类型; 西农1376、西农6028和陕229对氮素累积量大, 但体内氮的利用效率低, 对土壤氮利用能力也差, 需肥量大, 氮肥利用率高, 比较耐肥, 适用于高肥土壤种植; 低氮条件下, 周麦9号、小偃6号属高产-氮高效型品种, 而在高氮条件下, 丰产3号、周麦9号和偃师9号属高产-氮高效型品种; 低氮条件下耐瘠品种主要靠发达的根系和对 NO_3^- 的有效利用获得高产, 高氮条件下耐肥品种主要靠对肥料氮的吸收及在体内的有效利用而获得高产。

[关键词] 小麦; 氮营养效率; 氮利用机理

[中图分类号] S512.101

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2005)01-0034-05

开展作物矿质营养的生理和遗传特性研究, 主要有2个出发点: 一是研究不同基因型品种对肥料的反应, 以确定适宜的肥料用量; 二是筛选耐瘠营养高效型品种。其最终目的都是提高肥料利用率, 减少肥料用量, 以较少的成本获得较高的经济效益和生态效益。近年来, 国内外在这方面的研究较多^[1-4]。在氮营养效率方面, 国内研究主要集中在水稻、玉米、大豆等作物上, 而小麦作为西北地区的主要粮食作物, 却在这方面的研究报道较少^[5-7]。本研究通过盆栽试验, 对西北地区20世纪50年代以来, 大面积推广的耐肥性不同的15个小麦品种(基因型)的氮营养效率的表现型特征进行了探讨, 旨在为合理施肥提供理论依据, 并为筛选节肥高产的小麦品种提供种质资源。

1 材料与方法

1.1 供试小麦品种

选用20世纪50年代以来西北地区大面积推广的耐肥性不同的15个品种: 碧玛1号, 西农6028(50年代); 郑引1号(60年代); 矮丰3号, 丰产3号, 小偃6号(70年代); 绵阳19, 偃师9号, 晋麦33, 鲁麦14

(80年代); 陕229, 西农1376, 西农8727, 长武134和周麦9号(90年代)。

1.2 盆栽试验

供试土壤为西北农林科技大学农作一站的低肥力红油土, 含有机质11.9 g/kg, 全氮1.00 g/kg, 水解氮28.69 mg/kg, 速效磷11.30 mg/kg。供试氮肥为尿素, 磷肥为过磷酸钙。试验分不施肥(低氮)和施肥(高氮)2个处理, 施肥处理每kg干土施0.15 g N和0.20 g P_2O_5 , 将氮磷肥与土壤全部混匀后装入盆中。试验用直径为20 cm的塑料盆钵, 每盆装干土3.5 kg, 播种20粒, 越冬后定植5株, 重复6次。于灌浆初期测定各生理指标, 然后收获地上部分, 并冲土取根, 测定生物学产量和含氮量。

1.3 测定方法

硝酸还原酶活性测定用体内法^[8], 根系活力用TTC法^[8]; 土壤理化性质及植物全氮用常规法^[9]。

2 结果与分析

2.1 不同小麦品种在低氮和高氮条件下的生物学产量

表1 结果表明, 在低氮和高氮条件下, 生物学产

^{*} [收稿日期] 2003-12-15

[基金项目] 国家自然科学基金重点项目(30230230); 国家重点基础研究发展规划资助项目(G1999011707)

[作者简介] 杜建军(1966-), 男, 陕西商州人, 副教授, 博士, 主要从事植物营养调控与新型肥料研究。

量在品种间均存在显著差异。在低氮条件下, 品种间相差12.1%~60.6%, 变异系数达27.4%; 在高氮条件下, 生物学产量显著提高, 较低氮时增加4~10倍, 但品种间差异变小, 品种间相差6.7%~26.7%, 变异系数降为8.26%。比较2种氮水平下生物学产量可见, 丰产3号、周麦9号和长武134在低氮和高氮条件下均可获得较高的生物学产量, 因此在瘠薄

和较肥沃的土壤中均可种植, 适应性广; 西农8727和小偃6号在低氮条件下高产, 而在高氮条件下低产, 施肥增产幅度也小, 说明其利用土壤氮的能力强, 而对肥料不很敏感; 偃师9号在低氮条件下低产, 而在高氮条件下高产, 增产幅度最大, 说明其利用土壤氮的能力差, 但对肥料很敏感; 矮丰3号、陕229和绵阳19在低氮、高氮条件下产量均低。

表1 不同小麦品种在低氮和高氮条件下的生物学产量

Table 1 Biomass of different genotypes under low and high N level

品种 Genotype	生物学产量/(g·株 ⁻¹) Biomass			品种 Genotype	生物学产量/(g·株 ⁻¹) Biomass		
	低氮 Low N	高氮 High N	施氮增加 幅度/% Increased		低氮 Low N	高氮 High N	施氮增加 幅度/% Increased
西农8727 Xinong 8727	0.99 a	4.20 g	324.2	晋麦33 Jinmai 33	0.62 d	5.00 b	706.5
丰产3号 Fengchan 3	0.87 b	5.36 a	516.1	郑引1号 Zhengyin 1	0.56 e	4.63 cd	726.8
周麦9号 Zhoumai 9	0.86 b	4.71 c	447.7	矮丰3号 Aifeng 3	0.55 e	4.27 fg	476.4
长武134 Changwu 134	0.85 b	4.62 cd	447.1	陕229 Shaan 229	0.50 e	3.93 h	686.0
小偃6号 Xiaoyan 6	0.71 c	4.23 fg	554.5	鲁麦14 Lumai 14	0.48 f	4.50 de	837.5
碧玛1号 Bima 1	0.68 c	4.32 efg	535.3	绵阳19M ianyang 19	0.41 g	4.20 g	924.4
西农6028 Xinong 6028	0.67 c	4.41 ef	558.2	偃师9号 Yanshi 9	0.39 g	4.91 b	1159.0
西农1376 Xinong 1376	0.66 cd	4.32 efg	554.5				

注: 表中同列数据后具有相同字母者表示经DMRT法检验差异不显著(α=0.05)。下表同。
Note: Data in the same column of the table with different letter means significant at 5% level. Same as follows.

2.2 不同小麦品种在低氮和高氮条件下的氮积累量与氮肥利用率

表2结果表明, 不同品种间氮积累量存在极大差异。低氮条件下, 品种间相差0.26%~63.5%, 变异系数为27.7%; 高氮时氮积累量显著增加, 较低氮时增加3~11倍, 但品种间差异变小, 品种间相差10.1%~28.9%, 变异系数降为7.47%。低氮条件下, 品种间氮积累量差异规律与生物学产量基本一致。但在高氮条件下, 与生物学产量变化规律差异较大。西农1376、西农6028和陕229在高氮条件下产量

不高, 但氮积累量大, 氮肥利用率也高, 说明这3个品种对肥料依赖性最强。高氮条件下这3个品种之所以未获得高产, 可能是与施肥量或营养不平衡致使其产量潜力未得到充分发挥有关, 因此这3个品种应属耐肥品种。高氮条件下, 丰产3号、周麦9号和长武134产量高, 但氮积累量和氮肥利用率均较低, 说明这3个品种体内氮素利用率高, 但对肥料氮不敏感。矮丰3号、绵阳19、西农8727和小偃6号在高氮条件下不仅氮积累量少, 而且氮肥利用率低, 这与其生物学产量水平是一致的。

表2 不同小麦品种在低氮和高氮条件下的氮积累量与氮肥利用率

Table 2 N accumulated and N fertilizer use efficiency of different genotypes under low and high N level

品种 Genotype	氮积累量/(mg·株 ⁻¹) N accumulated			氮肥 利用率/% N fertili- zer use effici- ency	品种 Genotype	氮积累量/(mg·株 ⁻¹) N accumulated			氮肥 利用率/% N fertili- zer use effici- ency
	低氮 Low N	高氮 High N	施氮增加 幅度/% Increased			低氮 Low N	高氮 High N	施氮增加 幅度/% Increased	
西农8727 Xinong 8727	14.97 a	73.92 c	393.8	56.1	西农1376 Xinong 1376	9.87 de	80.22 b	712.8	67.0
丰产3号 Fengchan 3	14.93 ab	71.56 c	379.3	53.9	郑引1号 Zhengyin 1	9.46 de	72.46 c	666.0	60.0
长武134 Changwu 134	13.46 b	76.07 bc	465.2	59.6	晋麦33 Jinmai 33	9.05 e	89.30 a	886.7	76.4
周麦9号 Zhoumai 9	11.48 c	72.48 c	531.4	58.1	陕229 Shan 229	8.54 e	74.04 c	767.0	62.4
矮丰3号 Aifeng 3	10.75 cd	71.74 c	567.3	41.9	鲁麦14 Lumai 14	6.96 f	70.43 c	911.9	60.4
碧玛1号 Bima 1	10.47 cd	72.23 c	589.9	58.9	偃师9号 Yanshi 9	6.28 fg	73.79 c	1175.0	64.3
西农6028 Xinong 6028	10.43 d	74.88 bc	617.9	61.4	绵阳19M ianyang 19	5.47 g	63.50 d	1060.9	55.3
小偃6号 Xiaoyan 6	10.24 d	71.44 c	597.7	58.3					

2 3 不同小麦品种在低氮和高氮条件下的氮利用效率

产量、氮积累量和氮肥利用率都不能说明氮素在作物体内的有效利用情况。氮素在作物体内的有效利用情况需要用氮利用效率,即植株体内每单位养分积累量所生产的干物质量来说明。表3表明,与生物学产量和氮积累量相比,品种间和施氮水平间氮利用效率差异较小。低氮条件下氮利用效率在品种间相差0.053%~22.3%,变异系数为9.87%;高氮条件下氮利用效率在品种间相差11.2%~29.1%,变异系数为9.25%。可见,高氮条件下氮利用效率在品种间的变异略有降低,而且多数品种的氮利用效率降低,只有丰产3号、偃师9号、郑引1号

和矮丰3号氮利用效率升高。显然,这与前3个品种在高氮条件下氮利用效率高,低氮条件下降低,而后一品种在低氮条件下氮利用率低有关。表3还表明,绵阳19、周麦9号在低氮和高氮条件下氮利用效率均高;而丰产3号和陕229在低氮和高氮条件下氮利用率均低;晋麦33、小偃6号在低氮条件下氮利用效率高,高氮条件下均降低。

生产上既要获得高的产量,又要节省肥料投入,因此,应综合考虑产量和氮利用效率。由以上分析可知,低氮条件下,周麦9号、小偃6号属高产-氮高效型品种;高氮条件下,丰产3号、周麦9号和偃师9号属高产-氮高效型品种。

表3 不同小麦品种在低氮和高氮条件下的氮利用效率

Table 3 N use efficiency of different genotypes under low and high N level

品种 Genotype	氮利用效率/(g·g ⁻¹) N use efficiency			品种 Genotype	氮利用效率/(g·g ⁻¹) N use efficiency		
	低氮 Low N	高氮 High N	施氮增加 幅度/% Increased		低氮 Low N	高氮 High N	施氮增加 幅度/% Increased
绵阳19 Mianyang 19	74.95	66.14	-11.75	西农6028 Xinong 6028	64.24	58.89	-8.33
周麦9号 Zhoumai 9	74.91	64.98	-13.26	长武134 Changwu 134	63.15	61.12	-3.21
小偃6号 Xiaoyan 6	69.33	59.21	-14.60	偃师9号 Yanshi 9	62.10	66.54	7.15
鲁麦14 Luma 14	68.97	63.89	-7.36	郑引1号 Zhengyin 1	59.20	63.90	7.94
晋麦33 Jinmai 33	68.51	55.99	-18.27	陕229 Shan 229	58.55	53.08	-9.91
西农1376 Xinong 1376	66.87	53.85	-19.47	矮丰3号 Aifeng 3	58.27	74.90	28.54
西农8727 Xinong 8727	66.13	56.82	-14.08	丰产3号 Fengchan 3	51.16	59.52	16.34
碧玛1号 Bima 1	64.95	59.81	-7.91				

2 4 不同小麦品种在低氮和高氮条件下氮素利用与植株部分表现型性状间的相关分析

作物品种的基因型与环境条件相互作用的产物就是作物的表现型,即作物在形态构造、生理生态以及行为和习性等性状方面的总和,特定品种的表现

型同时也具有相对稳定的遗传特性^[10]。表4列出了不同小麦品种在低氮和高氮条件下的生物学产量、氮积累量、氮利用效率、根系干重、根系活力、硝酸还原酶活性、氮肥利用率之间的相关系数。

表4 不同小麦品种在低氮和高氮条件下各表现型性状间的相关系数

Table 4 Correlation coefficients of different genotype phenotypes under low and high N level

氮素水平 N level	表现型 Phenotypes	表现型 Phenotypes				
		生物学产量 Biomass	氮积累量 N accumulated	氮利用效率 N efficiency	根系干重 Dry weight of root	根系活力 Root activity
低氮 Low N	氮积累量 N accumulated	0.936**				
	氮利用效率 N efficiency	0.300	-0.261			
	根系干重 Dry weight of root	0.584*	0.735*	-0.458		
	根系活力 Root activity	0.297	0.385	-0.404	0.457	
	硝酸还原酶活性 Nitrate reductase activity	-0.542*	-0.437	-0.271	0.157	0.299
高氮 High N	氮积累量 N accumulated	0.261				
	氮利用效率 N efficiency	0.665*	-0.507			
	根系干重 Dry weight of root	-0.117	-0.184	0.029		
	根系活力 Root activity	0.292	0.236	0.108	-0.560*	
	硝酸还原酶活性 Nitrate reductase activity	-0.472	0.173	-0.554*	0.284	-0.183
	氮肥利用率 N fertilizer use efficiency	0.234	0.718**	-0.338	-0.493	0.589*

注(Notes): R_{0.01} = 0.641, R_{0.05} = 0.514, df = 13。

表4结果表明, 低氮条件下, 生物学产量与氮积累量、根系干重之间呈显著正相关, 这说明低氮时生物学产量的形成和氮素吸收主要取决于根系的生长量, 而与根系活力关系不大, 但仍有正相关关系, 因此发达的根系是高产的原因之一; 低氮条件下, 生物学产量与硝酸还原酶活性之间呈显著负相关(高氮下, 二者也接近5%显著水平), 即作物耐肥性与硝酸还原酶活性呈负相关。这一结论曾被许多作物的大量幼苗试验所证明^[11, 12], 本试验结果进一步证明了这一结论, 说明耐瘠品种对 NO_3^- 的吸收、同化能力强, 速度快, 这是低氮条件下高产的又一重要原因。高氮条件下, 生物学产量与氮利用效率之间呈显著正相关; 氮积累量、根系活力与氮肥利用率也分别呈极显著和显著正相关; 氮利用效率与硝酸还原酶活性呈显著负相关, 说明高氮下根系生长量的相对贡献降低, 产量高低主要取决于对肥料氮的吸收和在体内的有效利用。

3 结 论

1) 在供试的15个小麦品种中, 丰产3号、周麦9号和长武134在低氮和高氮下均可获得高产, 对土壤氮的利用能力强, 体内氮的利用效率高, 比较耐瘠薄, 是适应氮素供应状况较广的品种类型。

2) 西农1376、西农6028和陕229对氮素积累量大, 但体内氮的利用效率低, 对土壤氮利用能力也差, 需肥量大, 氮肥利用率高, 比较耐肥, 适于高肥土壤种植。

3) 低氮条件下, 周麦9号、小偃6号属高产-氮高效型品种; 高氮条件下, 丰产3号、周麦9号和偃师9号属高产-氮高效型品种。

4) 低氮条件下, 耐瘠品种主要靠发达的根系和对 NO_3^- 的有效利用获得高产; 高氮条件下, 耐肥品种主要靠对肥料氮的吸收及在体内的有效利用而获得高产。

[参考文献]

- [1] 张福锁 植物营养生态生理学和遗传学[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1993 1- 63
- [2] 杨肖娥, 孙 羲 不同水稻品种对低氮反应的差异及其机制的研究[J]. 土壤学报, 1992, 29(1): 73- 79
- [3] May L, Van Sanford D A, Mackown C T, et al Genetic variation for nitrogen use in soft red hard red winter wheat populations[J]. Crop Sci, 1991, 31: 626- 630
- [4] Wu P, Tao Q N. Genotypic response and selection pressure on nitrogen use efficiency in rice under different nitrogen regimes[J]. J Plant Nutrition, 1995, 18(3): 487- 500
- [5] 何文寿, 储燕宁, 王彦才, 等 不同基因型小麦氮营养效率的差异[J]. 宁夏农学院学报, 1997: 18(4): 29- 34
- [6] 童依平, 李继云, 李振声 不同小麦品种吸收利用氮素效率的差异及有关机理研究 I. 吸收和利用效率对产量的影响[J]. 西北植物学报, 1999, 19(2): 270- 277.
- [7] 陈新平, 周金池, 王兴仁, 等 冬小麦、夏玉米不同品种(系)之间的氮营养效率的差异[J]. 中国农业大学学报, 2000, 5(1): 80- 83
- [8] 西北农业大学植物生理生化教研室 植物生理学实验指导[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1987. 35- 36; 42- 44
- [9] 南京农业大学 土壤农化分析[M]. 第2版 北京: 农业出版社, 1994 29- 228
- [10] 刘国栋 品种与基因型[J]. 植物学通讯, 1992, 28(4): 380
- [11] 张福锁 环境胁迫与植物营养[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1993 353- 366
- [12] 汤玉玮, 林振武, 陈敬祥 硝酸还原酶与作物耐肥性的相关性及其在生化育种上应用的探讨[J]. 中国农业科学, 1985, (6): 39- 45

Studies on the differences in nitrogen efficiency and the mechanism among different wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties in northwest China

DU Jian-jun¹, WANG Xin-ai¹, M IN Dong-hong^{2a}, L I Sheng-xiu^{2b}, ZHENG Wu-qian^{2b}

(1 Laboratory of Plant Nutrition and New Fertilizer, Zhongkai Agrrotechnical College, Guangdong, Guangzhou 510225, China;

2a College of Agronomy, 2b College of Resources Environment, North Western A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract Pot experiments were conducted to study the differences in N efficiency and the mechanism among different wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties which adapt differently to manuring in northwest

China and have been widely cultivated from 1950s up to the present. The results showed that Fengchan 3, Zhoumai 9 and Changwu 134 were genotypes with wide adaptability which could obtain high biomass under both high and low N contents, Xinong 1376, Xinong 6028 and Shan 229 could accumulate more nitrogen in the aboveground parts, but their nitrogen efficiencies were low, and the abilities of using soil nitrogen were poor. Therefore, they were suitable for fertile soils, need more fertilizer and have high nitrogen fertilizer efficiency. Under low N content condition, Zhoumai 9 and Xiaoyan 6 had the high biomass and high nitrogen efficiency genotypes, while Fengchan 3, Zhoumai 9 and Yanshi 9 had the high nitrogen efficiency genotypes under high N content, which were suitable for higher content of N fertilizer and acquired high yield by absorbing N and effectively use them in the plants.

Key words: wheat (*Triticum aestivum* L); nitrogen efficiency; mechanism of nitrogen use

(上接第33页)

Abstract ID: 1671-9387(2005)01-0029-EA

Study on the fertility of desertification soil in the agriculture and animal husbandry interlaced zone of Northern Shaanxi

CHANG Qing-ru¹, GAO Ya-jun², LIU Jing¹

(1 College of Resources Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 Yellow River Water Conservancy Committee, Chinese Academy of Science and Ministry

of Water Resources, Zhengzhou, Henan 450002, China)

Abstract: Integrating field investigation with analysis in laboratory, the physical and chemical characteristics of desertification soil and the status of fertility were studied in the agriculture and animal husbandry interlaced zone of northern Shaanxi. The results showed that: Among the mechanical composition of desertification soil, the contents of sand particle were more than 784.0 g/kg, and that of organic matter less than 3.67 g/kg, CEC (cation exchange capacity) not over 6.37 cmol/kg. The nutrients of nitrogen, phosphorous, potassium etc were scarce; the total soil fertility was low; from the mobile sand dunes to the fixed sand dunes, the content of sand particle in the soil surface layer, with a diameter of > 0.25 mm decreased, and that of the aggregate with a diameter of > 5 mm increased, and that of available nutrients such as organic matter, nitrogen, phosphorous and potassium etc rose, ion exchange absorption ability was enhanced. The diversity of soil fertility reflects the essence of desertification; and soil crust is the main factors of identifying the type of desertification.

Key words: agriculture and animal husbandry interlaced zone; desertification soil; fertility