

不同氮效率冬小麦品种生长发育特征比较研究

毕 珍^{1,2}, 翟丙年^{1*}, 张敏敏¹, 李生秀¹, 石 辉²

(1. 西北农林科技大学资源环境学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 西安建筑科技大学, 陕西 西安 710055)

摘 要: 采用田间小区试验, 在高、低两个施氮水平下, 通过测定分析两个不同基因型冬小麦小偃 22 和小偃 6 号不同生育时期的生物量及产量和叶片叶绿素含量、硝酸还原酶活性等生理指标, 探讨了其对氮素利用的差异及其机理。结果表明, 在不施氮条件下, 硝酸还原酶活性、叶绿素含量明显降低; 而施氮以后, 能明显延缓小麦叶片的衰老, 使叶片的叶绿素含量保持在较高水平。就选用的两个基因型品种来说, 施氮与否, 小偃 22 比小偃 6 号的生理代谢更加旺盛, 施氮加强了这种作用, 这将为进一步选育氮高效利用型小麦品种提供科学依据。

关键词: 冬小麦; 基因型; 氮利用效率; 生长发育特征

中图分类号: S512.1⁺1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2008)06-0091-06

氮是作物必需的元素, 也是旱地土壤最为缺乏的营养元素^[1]。小麦高产再高产的生产过程中, 施用氮肥是促控小麦生长发育的重要手段之一^[2~4]。近几年来, 为了提高产量, 氮肥施用量迅速增加, 在农业生产中发挥了重要的作用。然而, 由于氮肥施用不合理, 导致其利用率低一直是困扰我国农业生产的一个突出问题。对近年来大量研究资料的汇总结果表明^[5~9], 我国的氮肥利用率一般只有 35%, 而水稻和麦类作物对氮肥的利用率只有 28%~41%。南方部分经济相对发达地区的水稻以及华北平原的小麦/玉米轮作中传统施肥农田的氮肥利用率甚至低于 20%。氮肥利用效率低不仅导致氮素的损失, 而且还对生态环境产生了严重影响, 使得农田过量的氮肥成为重要的污染源之一。

针对氮肥施用存在的问题, 国内外已经开展了较多的研究^[10]。目前, 许多提高氮肥利用率的有效措施^[11~17], 包括合理的氮肥施用技术、先进的耕作栽培和管理措施、生产保肥增效的新型肥料等。前人研究表明, 植物不同品种间在吸氮能力上存在显著差异, 且对氮肥的反应特性也表现出明显的不同。据此, 认为充分利用植物自身的营养遗传特性, 挖掘植物本身利用养分和水分的潜力, 培育或利用那些对养分利用效益高的品种是合理利用资源、减少环境污染和降低投入的一条重要途径。

本研究采用田间小区试验, 将对从关中麦区常用数十个冬小麦品种筛选出的氮高效型品种小偃 22 和低效型品种小偃 6 号在施氮和不施氮条件下

的生长发育规律进行分析。通过施氮和不施氮条件下小麦不同品种的产量及相关生理指标的研究, 来探究氮高效型品种对氮素高效利用的生理机制, 为培育适宜干旱半干旱地区生长的氮高效利用基因型小麦品种提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试冬小麦品种共 2 个, 分别为氮高效品种小偃 22 和氮低效品种小偃 6 号, 由西北农林科技大学小麦研究中心提供。

试验在西北农林科技大学农作一站进行。试验站位于东经 108°5', 北纬 34°18', 年均降雨量 635~663 mm, 多年平均气温为 13℃, 平均日照时数为 2 164 h, 年总辐射量 480.7 kJ/cm²。

试验地土壤为红油土, 其有机质含量为 15.87 g/kg, 全氮 0.67 g/kg, 铵态氮 8.81 mg/kg, 硝态氮 72.95 mg/kg, 速效磷 13.24 mg/kg, 速效钾 189.91 mg/kg, pH=8.28。

1.2 试验设计

采用裂区设计, 氮肥为主处理, 分别设(a)施氮 120 kg/hm² 和(b)不施氮 0 kg/hm² 2 个水平; 小麦品种为副处理, 选择水氮高效品种小偃 22 和低效品种小偃 6 号 2 个品种。共有重复 4 次。田间采取随机区组排列, 副区长 5 m, 宽 3 m, 面积 15 m²。

磷肥选用过磷酸钙(P₂O₅ 含量为 16%), 施用量为 P₂O₅ 100 kg/hm²; 氮肥选用尿素(含 N46%), 按

收稿日期: 2008-04-25
基金项目: 西北农林科技大学“青年学术骨干”人才专项(01140305); 国家 863 项目(2006AA1002); 国家自然科学基金重点项目(30230230)
作者简介: 毕 珍(1984—), 女, 陕西渭南人, 硕士研究生, 主要从事植物营养调控研究。
* 通讯作者: 翟丙年(1967—), 男, 陕西宝鸡人, 副教授, 博导, 从事植物营养调控研究。E-mail: bingnianz@sohu.com。
(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

照试验方案要求的用量均于播前均匀施入。

1.3 测定项目及方法

分别于越冬期、拔节期及花后每隔 6~8 d 采样测定下列项目：

- (1) 生物量及产量
在每个小区选择有代表性的行，测定 50 cm 长度范围内小麦植株地上和地下生物量(干、鲜重)。收获后分小区计产，获得产量。
- (2) 叶片叶绿素含量
用便携式叶绿素仪 SPAD—502 测定。
- (3) 硝酸还原酶活性(NRA)

植物吸收的硝酸根离子首先通过硝酸还原酶催化，被还原成亚硝酸根离子，产生的亚硝酸可以从组织内渗到外界溶液中，测定反应液中亚硝酸含量，即可表示酶活性的强弱。亚硝酸离子的测定用磺胺比色法。叶片叶绿素含量和硝酸还原酶活性均用鲜样测定。

2 结果与分析

2.1 不同冬小麦品种产量的差异

小麦收获后，按小区脱粒，籽粒产量见表 1。

表 1 施氮对不同冬小麦品种籽粒产量的影响(kg/hm²)
Table 1 Effect of nitrogen application on grain yield of different winter wheat varieties

N 水平 N Level (kg/hm ²)	品种 Variety	籽粒产量 Grain yield (kg/hm ²)
0	小偃 6 号 Xiaoyan 6	3982±253 c
	小偃 22 号 Xiaoyan 22	4544±216 c
120	小偃 6 号 Xiaoyan 6	5204±244 b
	小偃 22 号 Xiaoyan 22	6103±272 a

注：重复次数 n=3，除了标注，以下皆同；表中 a、b、c 为 5% 的差异显著水平。

Note: Replication n=3, the same as follows except to note; a、b and c represent significant difference level of 5% in table.

从表 1 中可以看出，无论施氮与否，小偃 22 的籽粒产量均大于小偃 6 号，施氮提高了小偃 6 号和小偃 22 的籽粒产量，且差异达到了 5% 显著水平；同一品种施氮处理下的籽粒产量均大于不施氮处理，差异达到了 5% 显著水平，说明施氮肥可以提高冬小麦产量，而这种促进作用对小偃 22 更加明显，施氮处理下小偃 6 号的籽粒产量比不施氮处理提高了 30.69%，而小偃 22 则提高了 34.31%，说明小偃 22 对氮素的利用效率较 小偃 6 号高，符合氮高效型品种的特征。

2.2 不同冬小麦品种生物量的差异

2.2.1 地上部与地下部生物量 于不同生育时期采样测定地上、地下生物量干重，结果如表 2 示。

从表 2 可以看出，无论施氮与否，相同品种地上部分生物量随着生育时间的延长而迅速增加，从 5 月 7 日往后则趋于稳定。不施氮处理的小偃 6 号和小偃 22 地上部生物量都小于施氮处理，说明氮肥的施用可促进小麦干物质的积累。而小偃 22 在施氮处理和不施氮处理下地上部生物量的差异较 小偃 6 号显著，说明氮素对小偃 22 地上部干物质积累的促进作用大，小偃 22 对氮素的利用率高，符合氮高效高响型品种的特点。就不同生育时期的根冠比而言，返青期根冠比最高。根冠比在拔节期较高，但低于返青期，从开花期到成熟期逐渐降至最低。不同施氮水平下同一品种根冠比在返青期的差异较大，从拔节期到成熟期差异较小，施氮大大地促进了地上部生长发育，降低了根冠比。从表中还可以看出，除了返青期外，从拔节期到成熟期，在施氮条件下，小偃 22 的根冠比均小于小偃 6 号，这说明施氮对小偃 22 地上部生长发育的促进作用较 小偃 6 号显著，使小偃 22 的根冠比降低，但施氮促进了小偃 6 号根系的生长发育，使其根冠比较前者大。究其原因，主要是小偃 22 为氮高效型，对施入土壤的氮素较为敏感，不需要庞大的根系去吸收；而小偃 6 号则相反，其庞大的根系需要消耗过多的光合产物，使输送到生殖器官的光合产物减少，影响了地上部生物学产量和经济产量的形成。在不施氮条件下，除了返青期外，从拔节期到成熟期小偃 6 号的根冠比均显著高于小偃 22 的根冠比，其原因同施氮条件下的基本相同，主要缘于小偃 22 对土壤氮素的高效吸收利用，而小偃 6 号则正好相反。

2.2.2 各部位生物量 将扬花期和灌浆期烘干的样品按照茎、叶、鞘和穗(或籽粒和颖壳)等四个部位分开，分别称重，结果如表 3 所示。

从表 3 可以看出，从扬花期到灌浆期，两个冬小麦品种干物质都开始从营养器官向生殖器官转移，茎、叶、鞘干重都有所下降，而穗干重则有很大程度的增加。其中施氮处理的小偃 22 穗干重最大，其穗干重的增长速率也最快，小偃 6 号施氮与否穗干重都没有太大差异，说明施用氮肥对小偃 22 的生长促进作用较 小偃 6 号大，符合氮高效型品种的特征。同一品种在施氮水平下各部位生物量都较不施氮水平高，说明氮素可以促进冬小麦的生长发育。

表 2 不同生育期不同冬小麦品种地上、地下生物量的差异(kg/hm²)

Table 2 Biomass differences of R/S in different winter wheat genotypes at different growth stages

生育日期 Growth stage	N 水平(kg/hm ²) N Level	品种 Variety	根 Root	地上部 Shoot	根/冠比 R/S ratio
返青期 Green return	0	小偃 6 号 Xiaoyan 6	413.51	2380.24	0.174
		小偃 22 Xiaoyan 22	355.56	2098.90	0.169
	120	小偃 6 号 Xiaoyan 6	365.51	3018.56	0.121
		小偃 22 Xiaoyan 22	436.27	3291.90	0.133
拔节期 Jointing	0	小偃 6 号 Xiaoyan 6	819.20	6073.56	0.135
		小偃 22 Xiaoyan 22	696.54	5611.19	0.124
	120	小偃 6 号 Xiaoyan 6	934.05	7159.67	0.130
		小偃 22 Xiaoyan 22	929.43	8785.73	0.106
开花期 Anthesis	0	小偃 6 号 Xiaoyan 6	911.65	9381.38	0.097
		小偃 22 Xiaoyan 22	657.78	8562.53	0.077
	120	小偃 6 号 Xiaoyan 6	920.89	10860.14	0.085
		小偃 22 Xiaoyan 22	792.54	11141.74	0.071
灌浆期 Filling	0	小偃 6 号 Xiaoyan 6	757.69	11341.57	0.067
		小偃 22 Xiaoyan 22	648.89	10657.83	0.061
	120	小偃 6 号 Xiaoyan 6	862.23	12746.02	0.068
		小偃 22 Xiaoyan 22	827.74	14478.65	0.057
乳熟期 Milky	0	小偃 6 号 Xiaoyan 6	747.74	12834.55	0.058
		小偃 22 Xiaoyan 22	551.82	13506.91	0.041
	120	小偃 6 号 Xiaoyan 6	726.05	13450.73	0.054
		小偃 22 Xiaoyan 22	731.74	14591.01	0.050
完熟期 Ripening	0	小偃 6 号 Xiaoyan 6	629.69	12937.31	0.049
		小偃 22 Xiaoyan 22	494.22	12519.88	0.039
	120	小偃 6 号 Xiaoyan 6	721.78	15318.12	0.047
		小偃 22 Xiaoyan 22	563.91	14994.56	0.038

表 3 不同生育期不同冬小麦品种各部位生物量干重比较(kg/hm²)

Table 3 Dry matter accumulation of different winter wheat genotypes at different growth stages

采样日期 Sampling time	品种 Variety	茎 Stem		叶 Leaf		鞘 Sheath		穗 Spike	
		0	120	0	120	0	120	0	120
04—28	小偃 6 号 Xiaoyan 6	4565.33	4194.13	2420.30	1820.80	1918.93	1672.53	1882.67	1719.47
	小偃 22 Xiaoyan 22	4220.80	3546.67	2373.33	1466.67	2264.53	1616.00	2281.60	1859.20
05—07	小偃 6 号 Xiaoyan 6	5054.93	4510.93	2246.40	1825.07	1984.00	1637.33	3568.00	3389.87
	小偃 22 Xiaoyan 22	5436.80	4125.87	2449.07	1435.73	2245.33	1690.67	4336.00	3432.53
05—17	小偃 6 号 Xiaoyan 6	4514.13	4053.33	1848.53	1534.93	1688.53	1547.73	5244.80	5453.87
	小偃 22 Xiaoyan 22	3895.47	3742.93	1950.93	1406.93	2000.00	1672.53	6644.27	6475.73
05—27	小偃 6 号 Xiaoyan 6	3866.67	3138.13	1571.20	1209.60	1608.53	1340.80	7447.47	7055.64
	小偃 22 Xiaoyan 22	2993.07	2634.67	1425.07	937.60	1596.80	1296.00	8759.11	8022.76

对比灌浆期两种冬小麦品种籽粒和颖壳干重,如表 4 所示。两种冬小麦品种籽粒干重都有所增加,而颖壳干重除施肥处理的小偃 6 号以外都又不同程度的下降,说明干物质迅速向籽粒转移。在同一处理下,小偃 22 籽粒干重总是大于小偃 6 号,而

同一品种在不同处理下则是施氮处理的籽粒干重大于不施氮处理。说明氮素有利于籽粒的生长,而这种促进作用对小偃 22 则更明显,充分说明了小偃 22 是氮高效型品种。

表 4 灌浆期不同冬小麦品种籽粒干重与颖壳干重的比较(kg/hm²)

Table 4 Dry matter of grain and glume in different winter wheat genotypes at filling stage

采样日期 Sampling time	品种 Variety	籽粒干重 Grain dry matter		颖壳干重 Glume dry matter	
		0	120	0	120
05—17	小偃 6 号 Xiaoyan 6	330.34	356.16	194.13	189.23
	小偃 22 Xiaoyan 6	473.49	461.97	190.93	185.60
05—27	小偃 6 号 Xiaoyan 6	601.92	532.59	200.32	173.01
	小偃 22 Xiaoyan 22	706.77	603.84	169.17	140.91

2.3 施氮对不同冬小麦品种生理特征的影响

2.3.1 叶绿素 于返青期、拔节期和灌浆期用便携式叶绿素仪 SPAD 测定植物叶片叶绿素含量,结果如图 1。

从图 1 可以看出,除了越冬期不施氮处理下,其它时期无论施氮与否,小偃 22 的叶绿素含量都高于小偃 6 号。越冬期和拔节期无论施氮与否,两个小

麦品种的叶绿素含量接近,拔节期和灌浆期小偃 6 号叶绿素含量明显低于小偃 22,对其进行方差分析,结果表明,同一生育期无论施氮与否小偃 6 号与小偃 22 叶片叶绿素含量差异都极显著。说明施氮促进了冬小麦叶片叶绿素的合成,提高了叶片叶绿素含量。

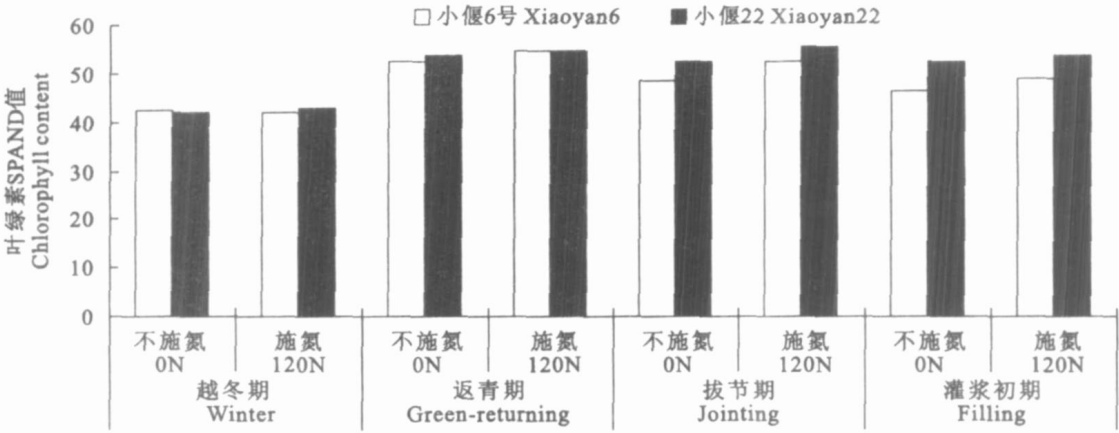


图 1 不同生育期不同冬小麦品种叶绿素含量

Fig. 1 The leaf chlorophyll content of different winter wheat genotypes at different growth stages

2.3.2 硝酸还原酶活性 硝酸还原酶是植物体内硝酸盐同化的关键性酶,也是整个同化过程,有时还是蛋白质合成的限速酶,在植物体内氮素代谢中起

重要作用,它直接影响植物的生长发育和作物的产量及品质^[18]。于返青期、拔节期和灌浆期分别测定两种冬小麦品种硝酸还原酶活性,结果如图 2。

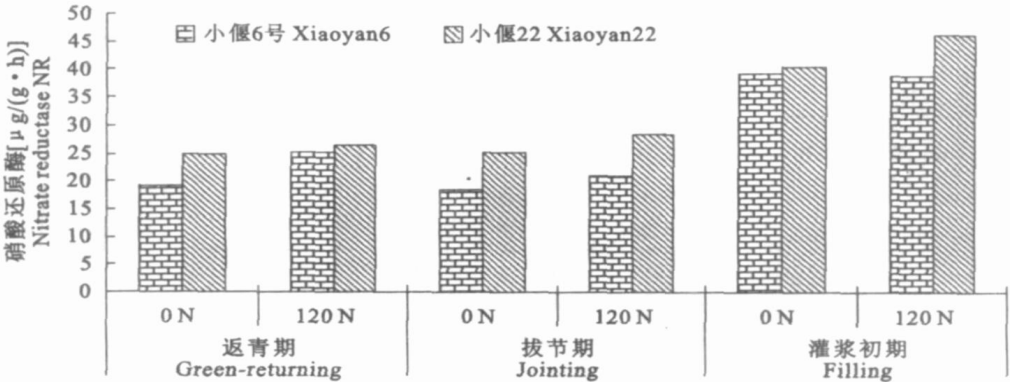


图 2 不同生育期不同冬小麦品种硝酸还原酶活性比较[μg/(g·h)]

Fig. 2 Nitrate reductase of different winter wheat genotypes at different growth stages

从图2可以看出,无论施氮与否两种冬小麦硝酸还原酶活性灌浆期>拔节期>返青期,除了灌浆期施氮处理下小偃6号硝酸还原酶活性小于不施氮处理外,其余均是施氮处理大于不施氮处理,硝酸还原酶活性随着硝酸盐含量的增加而增强,说明施氮使土壤中硝酸盐含量增加,从而提高了小麦的硝酸还原酶活性。除灌浆期不施氮小偃22硝酸还原酶活性低于小偃6号外,其余时期则均高于小偃6号。在施氮和不施氮处理下两种冬小麦品种硝酸还原酶活性差异达到极显著,说明小偃22硝酸还原酶活性较小偃6号强,它对氮素的利用率较小偃6号高,符合氮高效型品种特点。

3 结论与讨论

氮素是作物生长发育最关键的营养元素之一,也是土壤中最易缺乏的元素之一。每年全世界要投入大量的氮肥,然而,到目前为止氮肥的利用率只有30%~50%,这不仅造成资源的极大浪费,而且进入环境后,造成严重的生态环境污染和破坏。因此,降低氮肥施用量,提高氮肥利用率,减少其对生态环境的污染和破坏已成为目前氮肥合理施用的目标。为此,人们采取了许多行之有效的方法和措施。其中,利用作物本身的遗传特性筛选对氮素高效利用基因型,并进而利用分子生物学手段培育耐氮素胁迫基因型品种是目前研究的热点。

本研究在过去工作的基础上,对从关中麦区常用数十个冬小麦品种筛选出的氮高效型品种小偃22和低效型品种小偃6号在施氮和不施氮条件下的生长发育规律进行细致地比较分析,旨在搞清氮高效型品种对氮素高效利用的生理机制,为进一步筛选和培育氮高效基因型品种提供科学依据。

通过对上述试验结果的分析,可以得出以下主要结论:

1) 两种冬小麦品种籽粒产量存在显著差异,无论施氮与否,小偃22的籽粒产量总是大于小偃6号;两个品种施氮处理下的籽粒产量均大于不施氮处理。主处理间籽粒产量存在极显著的差异,说明氮肥对小麦籽粒产量的提高具有明显的促进作用;副处理间籽粒产量存在显著差异,说明小偃22对氮素利用率明显高于小偃6号,是氮高效型品种。

2) 两种冬小麦品种地上部生物量随着植株的生长而增加,灌浆期之前地上部干物质积累速度较快,而灌浆期以后则地上部干物质积累速度减缓,甚至出现下降。这是由于该时期小麦干物质都开始从营养器官向生殖器官转移,茎、叶、鞘生物量都有所

下降,而穗干重则有很大程度的增加。其中施氮处理的小偃22穗干重最大,其穗干重的增长速度也最快,小偃6号施氮与否穗干重没有太大的变化,说明施用氮肥对小偃22的生长促进作用和促使干物质迅速向籽粒转移作用较小偃6号大,小偃22符合氮高效型品种的特征。

3) 氮是小麦叶绿素的组成成分,叶绿素是作物进行光合作用的基本物质。前人研究结果表明,供氮水平的高低与叶片中叶绿素的含量呈正相关。而叶绿素含量的多少,又直接影响到光合作用的产物——碳水化合物的形成。因此,当作物缺氮时,体内叶绿素含量减少,叶色褪绿变黄,光合作用减弱,碳水化合物合成减少,作物产量显著降低。本试验的结果也证明了这一点,施氮处理下小麦叶绿素含量明显大于不施氮处理,氮高效利用型品种小偃22叶绿素含量也明显大于低效型品种小偃6号,籽粒产量也符合此规律。所以,可以从叶绿素含量的变化中,判断出各小麦品种利用氮素营养的特性。

4) 硝酸还原酶是整个氮代谢过程中最重要的限速酶,其大小不仅反映了小麦还原氮素量的变化,且与小麦最终合成籽粒蛋白质的量有密切关系^[18]。本试验结果显示施氮处理下硝酸还原酶活性明显大于不施氮处理,说明氮素对小麦硝酸还原酶活性大小影响显著。除灌浆期不施氮处理下小偃22硝酸还原酶活性小于小偃6号外,在施氮与不施氮两种处理下小偃22硝酸还原酶活性都大于小偃6号,说明小偃22是氮高效利用型品种。

参考文献:

- [1] 李秧秧,邵明安.小麦根系对水分和氮肥的生理生态反应[J].植物营养与肥料学报,2000,6(4):383-388.
- [2] 岳寿松,于振文,余松烈,等.不同生育时期施氮对冬小麦旗叶衰老和粒重的影响[J].中国农业科学,1997,30(2):42-46.
- [3] 李春喜,姜丽娜,代西梅,等.小麦氮素营养与后期衰老关系的研究[J].麦类作物学报,2000,20(2):39-41.
- [4] 谢建昌.世界肥料使用的现状与前景[J].植物营养与肥料学报,1998,4(4):321-330.
- [5] 陈同斌,陈世庆,徐涛涛,等.中国农用化肥氮磷钾需求比例的研究[J].地理学报,1998,53(1):32-41.
- [6] 朱兆良,文启孝.中国土壤氮素[M].南京:江苏科技出版社,1992.
- [7] 朱兆良.中国土壤的氮素肥力与农业中氮素管理[A].沈善敏.中国土壤肥力[C].北京:中国农业出版社,1998.160-211.
- [8] 李荣刚.高产农田氮素肥效与调控途径——以江苏太湖地区稻麦两熟农区为例推及全省[D].北京:中国农业大学,2000.
- [9] 巨晓棠,刘学军,邹国元,等.冬小麦/夏玉米轮作体系中氮素的损失途径分析[J].中国农业科学,2002,35(12):1493-1499.

[10] 杨新泉,冯 锋,宋长青,等.主要农田生态系统氮素行为与氮肥高效利用研究[J].植物营养与肥料学报,2003,9(3):373—376.

[11] 赵允格,邵明安,张兴昌.成垄压实施肥对氮素运移及氮肥利用率的影响[J].应用生态学报,2004,15(1):68—72.

[12] 范仲学,王 璞,梁振兴.谷类作物的氮肥利用效率及其提高途径研究进展[J].山东农业科学,2001,(4):47—50.

[13] 李方敏,艾天成,周升波,等.缓施氮肥对水稻的增产效果及其氮素利用率[J].土壤通报,2004,35(3):311—315.

[14] 王新民,介晓磊,侯彦林.中国控施肥料的现状与发展前景[J].土壤通报,2003,34(6):572—575.

[15] 杨新泉,冯 锋,宋长青.主要农田生态系统氮素行为与氮肥高效利用研究[J].植物营养与肥料学报,2003,9(3):373—376.

[16] 孙传范,曹卫星,戴廷波.土壤—作物系统中氮肥利用率的研究进展[J].土壤,2001,(2):64—69.

[17] 巨晓棠,张福锁.关于氮肥利用率的思考[J].生态环境,2003,12(2):192—197.

[18] 高俊凤.植物生理学实验技术[M].西安:世界图书出版公司,2000.

Comparative study on growth and development characteristics of winter wheat with different nitrogen use efficiency (NUE)

BI Zhen^{1,2}, ZHAI Bing-nian^{1*}, ZHANG Min-min¹, LI Sheng-xiu¹, SHI Hui²

(1. College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shannxi 712100, China;
2. Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an, Shannxi 710055, China)

Abstract: Two varieties, Xiaoyan 22 and Xiaoyan 6, were used in a field plot experiment to study the growth and development characteristics of winter wheat with different nitrogen use efficiency (NUE) by measuring yields, shoot and root biomass at different growth stages, some physiological items such as chlorophyll content, nitrate reduce enzyme activity of winter wheat leaves under two nitrogen rates comparatively. The results indicated that the nitrate reduce enzyme activity and the chlorophyll content were reduced significantly under the condition of no nitrogen application, but under the condition of nitrogen application, the senility of winter wheat leaf could be put off obviously. Therefore, the chlorophyll content could be kept at high level. As far as two kinds of genotypes selected, whether with or without nitrogen application, the physiological activity of Xiaoyan 22 was more exuberant than that of Xiaoyan 6, meaning that nitrogen application strengthened this function. These results will provide scientific basis for further selecting and breeding genotypes with higher nitrogen use efficiency.

Keywords: winter wheat genotype; nitrogen use efficiency; growth and development characteristics