

不同氮肥运筹对超高产小麦 NR 活性和产量影响的研究*

李春喜¹ 姜丽娜¹ 李秀明² 代西梅¹
尚玉磊¹ 徐夏莲¹ 张书霞¹

(¹河南师范大学生物系, 河南新乡, 453002; ²河南省浚县农科所)

提 要 通过三种氮肥处理试验, 研究了氮肥运筹对各生育期 NR 活性及产量、产量性状的影响, 阐述了 NR 活性与产量和产量性状的关系。结果表明: 从分蘖期始, 小麦叶片 NR 活性表现出逐渐上升的趋势, 至开花期达到最高, 其后又逐渐下降。不同氮肥处理的 NR 活性在分蘖至孕穗差异不大, 在孕穗之后, 氮肥一次底施的处理一的 NR 活性明显低于药隔期追施的处理二和处理三。药隔期追施氮肥可明显促进成穗数、穗长、结实小穗数、穗粒数、千粒重、穗粒重等产量性状的增加, 对提高产量具有重要作用。对两种类型品种, 普通型的豫麦 41 号宜采用药隔期重施追肥, 而大粒型的兰考 86(79)则以药隔期补施氮较好。NR 活性与产量、产量性状的相关关系, 在分蘖至拔节期间表现不密切, 但孕穗至成熟期间与产量的相关系数均达高度正相关, 与穗粒数、穗粒重的相关关系也较为密切, 反映出通过药隔期追施氮肥, 增加小麦中后期 NR 活性对提高产量是非常重要的。

关键词 小麦; 氮肥; NR 活性; 产量; 产量性状

主攻 $9 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 超高产已成为小麦栽培的热点和难点。研究和生产实践表明, 在实现超高产的诸多技术措施中, 氮肥的运筹是调控小麦生长发育、达到增产目的的重要手段。在中产变高产过程中, 一般认为药隔期进行追肥可显著增加粒重且不会造成贪青晚熟^[4]。河南省小麦高稳优低协作组“八五”期间所进行的研究表明, 应用前氮后移(雌雄蕊分化至药隔期追施氮肥), 可显著改善群体质量, 增加分蘖成穗数, 提高穗粒重和产量^[6]。在主攻超高产的研究中, 前氮后移是否可行, 氮肥施用的各时期比例分配, 不同类型品种如何进行氮肥运筹, 不同氮肥运筹对小麦的氮素代谢状况及其对产量的影响都是实现小麦超高产需要解决的问题。

在反映小麦植株体氮代谢状况的酶系统中, 硝酸还原酶(NR)是其中的关键性酶之一。朱德群认为, 高产、高蛋白质小麦品种应具有开花后根量多、根活性较强、叶片 NR 活性能维持较高水平且衰退缓慢的特点^[7]。Hagemen、McNeal、Dechard 等人的研究发现, NR 活性与小麦产量和蛋白质含量呈正相关, 并提出以 NR 活性作为小麦产量和蛋白质含量的筛选指标^[5, 9]。Gregan 认为, 环境条件和基因型对 NR 活性均有明显影响^[8]。上述报道多为某个生育时期 NR 活性及其与产量和蛋白质含量关系的研究, 对不同氮肥运筹对超高产小麦 NR 活性动态变化和产量性状的影响则极少报道。本试验主要研究了在 3 种不同氮肥运筹情况下, 两种类型小麦品种不同生育时期 NR 活性的动态变化和对产量、产量性状的影响, 以及 NR

* 国家“九五”重中之重科技攻关项目“小麦大面积高产综合配套技术研究开发与示范”, 项目编号: 95-001-02。
收稿日期: 1998-07-12

活性与产量、产量性状的关系, 以期为探明小麦超高产的生理机制, 制定科学合理的栽培技术体系提供依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料与田间设计

本试验于1995~1997年在河南省浚县农业科学研究所、卫辉市唐庄乡万亩试验区进行。试验地前茬为夏玉米, 秸秆直接还田。土壤基础肥力情况: 土壤有机质含量为2.17%, 速效氮为 $97.3 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, 速效磷为 $30.2 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, 速效钾为 $103.1 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 。试验所用品种为大粒型、普通型品种各1个, 大粒型选用兰考86(79), 普通型选用豫麦41号, 采用随机区组试验设计, 3次重复, 小区面积 25 m^2 。每品种设3种氮肥运筹方式(综合处理):

综合处理一: 肥料于播种前作底肥一次施入, 每公顷施农家肥 45 m^3 , 饼肥 750 kg , 尿素 281.25 kg , 磷二铵 375 kg , 氯化钾 225 kg , 生育期间不追肥。

综合处理二: 氮肥分底肥、追肥两次施用, 底肥占80%(每公顷施尿素 225 kg), 追肥占20%(每公顷追尿素 56.25 kg), 其它肥料同处理一, 一次掩底。追肥在药隔期进行, 施肥时进行灌水。

综合处理三: 氮肥分底肥、追肥两次施用, 底肥占60%(每公顷施尿素 168.75 kg), 追肥占40%(每公顷追尿素 112.5 kg), 其它肥料同处理一, 一次掩底。追肥在药隔期进行, 追肥时进行灌水。

各试验处理均于10月10~12日播种, 用小麦精播耧播种, 播种量为: 豫麦41号 $90 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 兰考86(79) $112.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。除设计要求外, 其它管理与大田常规管理相同。

1.2 样品采集与调查分析

对各试验处理于分蘖期、返青期、拔节期、孕穗期、抽穗期、开花期和开花后每5 d天取一次样品。每次取样均在下午4:00进行, 每个处理均取10秆, 孕穗之前取上部两片定长叶片, 孕穗之后取其旗叶和倒二叶进行NR活性的测定, 方法使用磺胺比色法^[1], 酶活性单位用每g叶片(鲜重)一小时所产生的 NO_2^- 的ng数表示, 即 $\mu\text{gNO}_2^- \cdot \text{g}^{-1}\text{FW} \cdot \text{h}^{-1}$ 。于冬前、返青期、拔节期和孕穗期调查田间小麦生育状况, 成熟时取样进行室内考种和小区测产, 每小区测产面积为 10 m^2 。所有试验数据均为两年平均值。

2 结果与分析

2.1 不同氮肥运筹对各生育时期叶片NR活性的影响

表1结果表明, 不同处理叶片NR活性在不同时期有较大差异。总的变化趋势是, 从分蘖期到开花期, 叶片NR活性呈逐渐上升趋势, 开花期达到最大, 开花以后随籽粒增重的进行而呈逐渐下降趋势, 尤其在花后25 d下降趋势更为明显, 成熟时叶片NR活性比较低。总的看来, 花后20 d以内, 各处理的叶片NR活性保持了比较高的水平。花后10 d时各处理叶片NR活性均出现较大幅度的下降, 这是由于此时正处于一个阴雨降水过程, 光照不足, 光合强度大大下降, 致使体内氮素代谢水平降低, 因而表现出较低的NR活性。

各处理相比, 孕穗以前各处理叶片NR活性差异不大, 表明在小麦生育前中期, 不同氮肥运筹均可满足小麦生长发育的需要。孕穗以后, 各处理叶片NR活性差异渐趋明显, 尤其在抽穗以后, 处理二与处理三的叶片NR活性就明显高于处理一, 这种现象一直持续到籽粒

表 1 不同氮肥处理各生育时期的叶片 NR 活性
Table 1 NR activity of leaf during growth development period in different nitrogen treatments

生育时期 Stage		处理一 Treatment 1		处理二 Treatment 2		处理三 Treatment 3	
		豫麦 41 号 Yumai No. 41	兰考 86(79) Lankao 86(79)	豫麦 41 号 Yumai No. 41	兰考 86(79) Lankao 86(79)	豫麦 41 号 Yumai No. 41	兰考 86(79) Lankao 86(79)
分蘖期	Tillering stage	100.2	105.4	90.3	98.7	107.4	102.5
返青期	Turn green stage	157.8	164.3	153.2	158.4	160.7	152.2
拔节期	Jointing stage	233.5	212.4	213.3	218.7	208.5	215.4
孕穗期	Booting stage	189.7	200.5	207.9	217.1	220.4	205.3
抽穗期	Heading stage	284.6	275.7	321.8	342.3	357.5	338.1
开花期	Flowering stage	310.8	300.7	362.9	368.7	384.9	354.9
灌浆期(开花后天数) Filling stage (Days after Flowering)							
5		276.5	266.2	320.0	330.7	357.4	320.2
10		152.4	155.3	176.3	182.4	181.0	170.4
15		255.4	268.6	317.4	307.7	312.2	310.8
20		262.4	258.5	310.7	300.2	325.4	319.7
25		176.4	167.0	190.7	188.9	220.5	196.7
30		88.5	78.2	132.6	135.8	120.7	117.3
35		27.5	25.4	34.2	43.3	32.4	32.7

灌浆结束。由此反映出在超高产条件下, 氮肥一次底施难以满足小麦中、后期植株体对氮素吸收、运转和分配高强度的需要, 出现“脱肥”现象, 由此而引起反映氮素代谢水平的 NR 活性较低。两种类型品种相比, 豫麦 41 号各生育期的叶片 NR 活性较兰考 86(79)略高。对豫麦 41 号来说, 各生育期的叶片 NR 活性大多以处理三较高, 但与处理二差别并不大。对兰考 86(79)而言, 则以处理二各生育期的叶片 NR 活性较高。

2.2 不同氮肥运筹对生育状况和产量性状的影响

2.2.1 不同氮肥运筹对生育状况的影响 从表 2 可知, 各处理之间的茎数多少、叶面积系数、叶龄、次生根长度与数量在生育前、中期并无明显差别, 说明即使是底肥量较少的处理也仍能满足前中期的营养需求。到了孕穗期, 各处理群体大小也未有实质性的差别, 但反映在叶面积系数上, 则可以看出处理一不及处理二和处理三大, 这说明药隔期追施氮肥可在短期内产生促进其个体发育的效果。由于不同处理个体发育的差异, 就使其成穗数产生了根本性的不同, 处理二和处理三的成穗数明显多于处理一。品种间相比, 由于类型差异较大, 反映在茎数多少、个体发育状况及成穗数等方面, 均有明显不同, 豫麦 41 号在各时期的群体均高于兰考 86(79), 成熟时调查的成穗数, 豫麦 41 号平均比兰考 86(79)高 $124.5 \text{ 万} \cdot \text{ha}^{-1}$ 。

2.2.2 不同氮肥运筹对产量和产量性状的影响 表 3 中各处理产量性状相比, 处理二、处理三的穗长和结实小穗数均高于处理一, 但不孕小穗数, 则以处理一为最多, 说明处理一有明显的“脱肥”现象发生。从千粒重、穗粒数、穗粒重、生物产量等项指标来看, 均表现出处理二、处理三高于处理一的结果, 由此说明处理一产量较低主要是中后期“脱肥”所造成的。至于处理二与处理三比较, 则因品种类型而异。对豫麦 41 号来说, 处理三的各项穗部性状指标均大于处理二, 虽然处理三的不孕小穗数比处理二也略增加, 但处理三结实小穗数则明显高于处理二, 因而使处理三的穗粒数也明显高于处理二。由于在产量构成的三个因素中, 处理三穗粒数和千粒重两因素均高于处理二, 因而就使得处理三的产量高于处理二。对兰考 86(79)来说, 处理二与处理三的千粒重基本持平, 处理二的穗粒数略高于处理三, 处理二的成

穗数显著高于处理三,因而产量结果表现为处理二高于处理三。

表2 各氮肥处理主要生育期生育状况比较

Table 2 Comparison on growth stage of different nitrogen treatments at some growth development stages

生育时期 Stage	项目 Item	处理一 Treatment 1		处理二 Treatment 2		处理三 Treatment 3	
		豫麦 41 号	兰考 86(79)	豫麦 41 号	兰考 86(79)	豫麦 41 号	兰考 86(79)
		Yumai No. 41	Lankao 86(79)	Yumai No. 41	Lankao 86(79)	Yumai No. 41	Lankao 86(79)
	基本苗 Plant number ($10^4 \cdot \text{hm}^{-2}$)	187.5	232.5	186.0	225.0	183.0	229.5
冬前 Before winter	茎数 Stem number ($10^4 \cdot \text{hm}^{-2}$)	1087.5	1041.0	1039.5	1006.5	1053.0	1021.5
	叶面积系数 Leaf area index	0.83	0.79	0.75	0.76	0.80	0.77
	叶龄 Leaf age	5.7	6.1	5.5	6.2	5.5	6.2
	单株分蘖 Tiller number per plant	5.7	4.3	4.9	4.5	5.0	4.6
	次生根数 Secondary root number	14.5	14.2	14.1	13.2	14.3	13.5
	根长(cm) Root length	23.3	24.5	21.2	24.0	22.1	23.3
	返青期 Turn green stage	茎数 Stem number ($10^4 \cdot \text{hm}^{-2}$)	1201.5	1083.0	1114.5	1096.5	1173.0
叶面积系数 Leaf area index		1.20	1.14	1.21	1.05	1.31	1.15
叶龄 Leaf age		6.3	6.7	6.1	7.0	6.2	7.1
拔节期 Jointing stage	茎数 Stem number ($10^4 \cdot \text{hm}^{-2}$)	1327.5	1161.0	1308.0	1125.0	1321.5	1057.5
	叶面积系数 Leaf area index	4.94	4.30	4.81	4.18	4.71	4.10
	叶龄 Leaf age	9.5	10.0	9.6	9.8	9.1	10.1
孕穗期 Booting stage	茎数 Stem number ($10^4 \cdot \text{hm}^{-2}$)	1038.0	796.5	1054.5	757.5	1087.5	772.5
	叶面积系数 Leaf area index	7.11	6.82	8.21	7.13	8.30	7.05
	叶龄 Leaf age	12	11	12	11	12	11
	成穗数 Spike number ($10^4 \cdot \text{hm}^{-2}$)	676.5	558.0	724.5	591.0	694.5	571.5

对产量结果所进行的方差分析表明,处理间、品种间的 F 值分别为 15.378 和 20.429,差异均达到极显著水平,处理×品种组合间的 F 值为 4.698,差异达到显著水平。3 种氮肥处理的产量以处理二最高,处理三次之,处理一最低。处理二与处理三之间的产量差异不显著。处理一的平均产量仅为 $7732.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,分别与处理二、处理三相差 900.0 和 $820.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,说明在超高产条件下,将氮肥全部底施是不可取的,将施肥总量的一部分

表 3 不同氮肥运筹对产量和产量性状的影响
Table 3 Effects of different nitrogen treatments on yield and yield components

项目 Item	处理一 Treatment 1		处理二 Treatment 2		处理三 Treatment 3	
	豫麦 41 号	兰考 86(79)	豫麦 41 号	兰考 86(79)	豫麦 41 号	兰考 86(79)
	Yumai No. 41	Lankao 86(79)	Yumai No. 41	Lankao 86(79)	Yumai No. 41	Lankao 86(79)
株高 (cm) Plant height	82	80	80	77	81	78
穗长 (cm) Spike length	8.2	9.1	8.4	9.1	8.6	9.4
结实小穗数 Spikelet bearing number	14.2	13.1	15.3	14.0	16.3	14.5
不孕小穗数 Spikelet unbearing number	3.9	2.4	3.1	2.0	3.2	2.3
穗粒数 Grain number per spike	30.1	26.9	33.1	30.1	34.2	29.7
千粒重 (g) 1000 grain weight	38.0	52.2	39.9	54.2	40.5	54.4
穗粒重 (g) Grain weight per spike	1.25	1.43	1.33	1.70	1.41	1.72
生物产量 ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$) Biological yield	18900	17100	19080	19635	20325	17190
产量 ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$) Yield	8067	7398	8679	8586	9147	7959

在药隔期追施则会收到较好的增产效果。至于底：追比例如何，即追肥是采用“补施”还是采用重施，则因品种类型而异。两品种相比，豫麦 41 号产量平均为 $8631.0 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ，兰考 86(79)平均 $7981.0 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ，差异达极显著水平。从氮肥处理与品种组合的产量结果来看，以豫麦 41 号处理三和处理二及兰考 86(79)处理二的产量较高，其产量差异未达显著标准。兰考 86(79)处理一的产量为最低，显著低于其它组合。上述结果说明，豫麦 41 号宜采用综合处理三或处理二的栽培途径，以处理三略好，即药隔期重施追肥(占总氮量的 40%左右)为宜；兰考 86(79)则以处理二的方案较好，即在药隔期补施氮肥(占总氮量的 20%)即可。

2.3 叶片 NR 活性与产量和产量性状的关系

表 4 的结果表明，分蘖至拔节期间的叶片 NR 活性与产量和产量构成因素的相关系数较小且无明显变化规律。孕穗期以后，叶片 NR 活性与产量和产量性状的关系大都表现了正相关，特别是与产量之间的相关系数均达高度正相关，反映出增加小麦中后期 NR 活性对提高产量是非常重要的。在孕穗期以后叶片 NR 活性与产量性状的相关系数中，以穗粒数的相关系数最大，均为中度或高度正相关；与穗粒重的相关系数中，多为中度正相关；与成穗数多为弱度正相关，与千粒重相关不明显。

3 讨论

NR 是硝酸盐还原过程中的重要酶类。小麦在营养生长期， NO_3^- 主要在叶片中还原，而在生殖生长期，穗部也具有一定的作用。作者所进行的研究表明，籽粒和颖片均具有一定的 NR 活性，但数值较小，二者之和仅有叶片 NR 活性的 5%~22%^[3]，说明在反映小麦氮素代谢的 NR 系统中，叶片 NR 是起主导作用的，用叶片 NR 活性可以代表全株 NR 活性。本

表4 各生育时期NR活性与产量和产量性状的相关系数
Table 4 Correlation coefficient between NR activity of leaf during growth development period and yield & its components

生育时期 Stage	成穗数 Spike number	穗粒数 Grain number per spike	千粒重 1000 grain weight	穗粒重 Grain weight per spike	产量 Yield
分蘖期 Tillering stage	-0.4392	-0.2489	0.2466	0.1645	-0.1907
返青期 Turn green stage	-0.2541	-0.3422	0.0584	-0.2379	-0.2172
拔节期 Jointing stage	0.0736	-0.2658	-0.2640	-0.2849	-0.2668
孕穗期 Booting stage	0.0819	0.5451*	0.2011	0.4635	0.7212**
抽穗期 Heading stage	0.1882	0.6805**	0.0977	0.5214*	0.7890**
开花期 Flowering stage	0.3584	0.7892**	-0.0448	0.3753	0.8781**
灌浆期(开花后天数) Filling stage (Days after Flowering)					
5	0.3388	0.7885**	-0.0563	0.3644	0.8781**
10	0.2287	0.6622**	0.1123	0.4671*	0.8077**
15	0.1983	0.6231**	0.1529	0.4871*	0.6641**
20	0.2791	0.7254**	0.0159	0.4252	0.7257**
25	0.3413	0.7693**	-0.0765	0.3791	0.7766**
30	0.3108	0.6572**	0.0477	0.4322	0.7657**
35	0.3524	0.7032**	-0.0038	0.4083	0.7519**

研究的结果表明,小麦从分蘖开始,叶片NR活性的变化呈上升趋势,至开花时达到高峰,之后随籽粒灌浆又呈逐渐下降趋势,这与Nair等(1977)的研究是一致的^[12]。由于孕穗以后叶片NR活性与产量具有较高的正相关关系,因而保持中后期较高的叶片NR活性对提高产量是至关重要的。Johnson等(1976)曾计算出NR活性与产量间的相关系数为0.90左右^[5],因而欲将NR活性作为产量的一种选

择指标^[8,9]。事实上,由于NR是一种诱导酶,受环境因素特别是降水、低温、寡照等气象因素的影响较大^[2],生育期间NR活性表现出比较大的波动性,因而仅靠某个或几个生育时期的NR活性测定值来判断产量的高低是不可靠的。但依据各生育时期特别是孕穗至成熟期间的NR活性系列测定值来预测产量还是具有重要价值的。

本试验的结果表明,在超高产情况下,即使土壤肥力较高,底施氮肥也仅能满足前中期的营养需要,如不分配一定比例的氮肥用作追肥,则在小麦生育中后期就会出现“脱肥”现象(不同于中低产麦田的脱肥)。反映在叶片NR活性上,在小麦生育的中后期,全作底氮使用的处理一明显低于药隔期追肥的处理二和处理三,反映在产量上也是如此。因此,超高产小麦的氮肥运筹应该是,氮肥除作为底肥施用以外,还应进行追肥。从本试验结果来看,药隔肥重施追肥是一项不可缺少的攻关措施,它对于幼穗分化的顺利进行,提高结实小穗率,增加粒重,促进籽粒灌浆,增加穗粒重,意义十分重大。已有不少报道认为,高产小麦的最佳追肥期是药隔期^[4,6],但一般情况下,仅需要补施氮肥(即追氮所占总氮量比例不大)即可,从本试验的结果来看,小麦进入超高产对氮素营养需求的这一特点并未发生改变,最佳追肥期仍是药隔期,但从追肥量来看,普通型小麦则需要追氮所占比例大些,以满足中后期的营养需求。

参 考 文 献

- 1 龚富生、张嘉宝主编, 1995, 植物生理学实验, 气象出版社, 北京, 55~58
- 2 李春喜、石惠恩、郭天财, 1993, 第一届全国青年作物栽培、作物生理学术年会文集, 中国科学技术出版社, 北京, 1~5
- 3 李春喜、张根发、石惠恩等, 1995, 西北植物学报, 15(4), 276~281
- 4 梁振兴、刘兴海主编, 1994, 小麦产量形成的栽培技术原理, 北京农业大学出版社, 北京, 54~90
- 5 卢少源、王增裕, 1989, 河北农业大学学报, 12(1), 35~39
- 6 王绍中、刘发魁、马平民等, 1995, 小麦穗粒重研究, 中国农业出版社, 北京, 197~205
- 7 朱德群、朱遐龄、王雁等, 1991, 作物学报, 17(2), 136~144
- 8 Cregan, P. B., J. V. C. Nair, 1984, Theor. Appl. Genet., 67, 97~11
- 9 Dechard, E. L., R. H. Busch, 1978, Crop Sci., 18, 289~293
- 10 Johnson, V. A., 1980, Final report of research findings of genetic improvement of productivity and nutrient distribution in winter wheat, Agency for International Development, Washington D. C., USA
- 11 Learlen, D. L., 1980, Agron. J., 72, 281~288
- 12 Nair, J. V. R., Y. P. Abrol, 1977, Crop Sci., 17, 438~442

Effects of Different Nitrogen Operations on Nitrate Reductase Activity and Yield of High-Yielding Wheat

Li Chunxi¹ Jiang Lina¹ Li Xiuming² Dai Ximei¹
Shang Yulei¹ Xu Xialian¹ Zhang Shuxia¹

¹ Department of Biology, Henan Normal University, Xinxiang, Henan 453002;

² Agritech Institute of Xunxian County, Henan Province

Abstract The effects of nitrogen operation on nitrate reductase (NR) activity during growth development period and yield, yield components of wheat and relationship between NR activity and yield, yield components were investigated in the experiments of three nitrogen treatments. The results are shown as follows: during wheat growth development period, there was a tendency that NR activity in leaf increased gradually from tillering stage, reached maximum at blossom, decreasing by degrees afterwards. The difference of NR activity among nitrogen treatments was small from tillering to booting, but after booting NR activity of treatment 1 (100% nitrogen applied before sowing) was obviously lower than that of treatment 2 (20% nitrogen applied at anther connective stage) and treatment 3 (40% nitrogen applied at anther connective stage). Nitrogen dressing at anther connective stage increased spike number, spike length, spikelet bearing number, grain number per spike, 1000 grain weight, grain weight per spike and had an important role in increasing yield. Heavy nitrogen dressing at anther connective stage was suitable for Yumai No. 41 which belongs to common type, and additional nitrogen dressing at anther connective stage was suitable for Lankao 86(79) which belongs to big grain type. NR activity from tillering to jointing wasn't closely related to yield and yield components. The correlation coefficients between NR activity after booting and yield, grain number per spike, grain weight per spike were all positive. This showed that improving NR activity by nitrogen dressing at anther connective stage was important to increase the yield.

Key words Wheat, Nitrogen fertilizer, Nitrate reductase activity, Yield, Yield component