

氮素水平对冬小麦分蘖期某些含氮化合物及生物量的影响^{*}

曹翠玲, 李生秀

(西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨陵 712100)

[摘 要] 利用水培研究了氮素水平对冬小麦分蘖期某些含氮化合物及生物量的影响。结果表明, 随着氮素水平提高, 小麦叶片、根系硝态氮含量及可溶性蛋白含量升高; 根系铵态氮含量在 5 和 15 mmol/L 时最高, 二者之间差异不显著; 叶片铵态氮含量在 5 和 25 mmol/L 时最高; 单位鲜重的叶绿素含量在 5 mmol/L 时最高, 但单株叶绿素含量随供氮水平的升高而升高; 在氮素水平为 15 mmol/L 时, 植株含水量、叶面积、地上和根系鲜重、干重均最大。

[关键词] 氮素水平; 冬小麦; 分蘖期; 含氮化合物; 生物量

[中图分类号] S512.1+10.62

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2002)06-0011-05

氮素是作物首要的、必需的、需求量最大的矿质营养元素^[1], 也是旱地土壤最为缺乏的营养元素^[2], 它对作物体内含氮化合物有十分重要的影响, 而含氮化合物如氨基酸、叶绿素、蛋白质、核酸等在作物的生长发育中有十分重要的作用, 因此研究氮素水平对小麦分蘖期含氮化合物的影响有重要的理论和实践意义。本研究在氮肥水平可控条件下, 主要探讨了氮素水平对小麦体内硝态氮、铵态氮、氨基酸及叶绿素、蛋白质等重要含氮物质的影响, 旨在从作物内部物质代谢方面阐述氮素水平对小麦分蘖期生长的影响规律。

1 材料与方法

1.1 供试材料

试验于 1999 年冬在西北农林科技大学温室进行。供试小麦品种为小偃 22(弱冬性)。10 月 7 日播种(土播)育苗, 10 月 30 日移栽到水培溶液中培养, 培养盆为 3.4 L 塑料盆, 每盆植苗 38 株。移栽后, 先用自来水培养 2 d, 随后用 1/2 强度的 Hoagland (一) 营养液^[3]培养 5 d。再改用 Hoagland 完全营养液(其中用柠檬酸铁代替酒石酸铁)继续培养。培养液中的微量元素按 A mon 配方^[3]加入。营养液用自来水配制。培养过程中, 每天通气 1 h, 并补充相应损失的水分。营养液每 2 周更换 1 次。

1.2 试验方案与指标测定

栽植 20 d 后, 于分蘖盛期用 1/9 (1.7 mmol/L), 1/3 (5 mmol/L), 5/3 (25 mmol/L) 不同氮素浓度的 Hoagland 营养液进行培养, 以氮素浓度为 15 mmol/L 的 Hoagland 营养液培养苗为对照; 各处理重复 5 次。培养 15 d 后, 取样测定。

内源硝态氮、铵态氮测定: 取一定量叶片和根系, 加入体积分数 30% 三氯乙酸 1 mL, 匀浆后用无氨水定容, 然后在 4 000 r/min 离心 10 min, 取上清液稀释成待测液, 用连续分析仪测定硝态氮和铵态氮含量。可溶性蛋白含量采用考马斯亮蓝 G-250 比色法^[4]测定; 游离氨基酸用茚三酮染色法^[5]测定; 叶绿素采用浸提法^[6]测定。

2 结果与讨论

2.1 氮素水平对内源硝态氮和铵态氮含量的影响

硝态氮是高等植物氮素理想的储存形式^[7]。本试验结果(表 1)表明, 在同一供氮水平下, 根系硝态氮含量总高于叶片, 说明小麦分蘖期根系可能是硝态氮的储藏库; 根系和叶片内源硝态氮的含量均随着氮素水平的升高而增加, 且各处理间差异显著, 说明氮素水平低, 不利于小麦积累硝态氮, 而营养生长期硝态氮积累对作物后期生长有非常重要的意义。有研究表明, 作物生殖时期利用的氮素是在营养

^{*} [收稿日期] 2002-01-14

[基金项目] 国家自然科学基金重大项目(49890330); 国家重点基础研究专项经费(G1999-011707)

[作者简介] 曹翠玲(1960-), 女, 陕西眉县人, 副教授, 在读博士, 主要从事植物营养生理、水分生理研究。

生长时期积累的确态氮^[8]。

表 1 氮素水平对叶片、根系硝态氮和铵态氮含量的影响

Table 1 Effect of nitrogen concentration on the content of endogenous nitrate and ammonium μg/g				
氮素浓度/(mmol·L ⁻¹) Concentration of N	硝态氮 Content of nitrate		铵态氮 Content of ammonium	
	叶片 Leaf	根系 Root	叶片 Leaf	根系 Root
1.7	16.66±0.00 D	22.04±0.00 D	22.24±0.00 B	16.92±1.50 B
5.0	36.01±1.71 C	74.04±2.12 C	26.35±2.28 A	21.27±2.69 A
15.0	101.70±7.56 B	101.20±6.71 B	28.66±1.38 A	21.07±1.37 A
25.0	128.50±8.55 A	168.08±0.00 A	27.43±1.84 A	17.87±0.72 B

植物体内的铵态氮,一部分是植物吸收的,一部分是硝态氮还原的结果。由于本试验采用水培,而且营养液是 Hoagland(-) 营养液,其氮素形态是硝态氮,因此认为,小麦植株内源铵态氮主要是硝态氮还原的结果。在相同氮素浓度供给下,叶片铵态氮含量高于根系,说明分蘖期小麦叶片可能是硝态氮的代谢库。氮素浓度由 1.7 mmol/L 升高到 5 mmol/L 时,根系和叶片的铵态氮含量明显升高;氮素浓度由 5 mmol/L 升高到 15 mmol/L 时,根系和叶片内源铵态氮含量几乎不变;氮素浓度高达 25 mmol/L 时,根系铵态氮含量下降(表 1)。小麦植株体内铵态氮的这种变化表明,随着外源供氮水平的提高,内源硝态氮含量提高,被还原的硝态氮量也随之增加,但由于铵态氮对植物有毒性,所以在体内有少量的积累,同时有大量的铵态氮被同化为其他含氮化合物。

2.2 氮素水平对游离氨基酸和可溶性蛋白质含量的影响

植物利用氮的途径是通过铵被同化为氨基酸的

表 2 氮素水平对可溶性蛋白和氨基酸含量的影响

Table 2 Effect of nitrogen concentration on the content of soluble protein and free amino acid						
氮素水平/(mmol·L ⁻¹) Concentration of N	氨基酸/(mg·g ⁻¹) Content of amino acid		单株氨基酸含量/mg Content of amino acid per plant		可溶性蛋白质/(mg·g ⁻¹) Content of soluble protein	
	叶片 Leaf	根系 Root	地上 Shoot	根系 Root	叶片 Leaf	根系 Root
1.7	0.93±0.07 B	0.15±0.04 C	1.58 C	0.14	10.416±0.467 B	3.216±0.045
5.0	1.24±0.00 A	0.60±0.10 A	1.86 B	0.49	11.408±0.226 B	3.760±0.089
15.0	0.65±0.05 C	0.32±0.04 B	1.82 B	0.43	11.824±0.519 B	3.937±0.000
25.0	1.36±0.12 A	0.32±0.04 B	2.99 A	0.26	14.566±0.725 A	3.789±0.059

由于氮素是蛋白质基本组成元素,供氮水平高低可以在一定程度上影响可溶性蛋白质含量。罗廉源等^[12]、冯福生等^[13]的试验结果指出,可溶性蛋白含量随氮素水平的升高而升高,本研究结果也是如此。从本试验结果(表 2)来看,在同一供氮水平下,叶片可溶性蛋白含量明显高于根系;随着氮素水平增高,叶片中可溶性蛋白含量呈缓慢增加趋势,高氮(25 mmol/L)条件下叶片蛋白质含量增加显著;根系蛋白质含量却略有下降。表明在小麦分蘖期间,小麦植株可溶性蛋白质对外界供氮水平不敏感。

方式。铵在植物体内被同化成氨基酸或直接掺入而形成酰胺^[9],然后进一步被代谢,合成蛋白质和叶绿素等^[10]。小麦分蘖期代谢旺盛,需要大量的可溶性氮素及磷素以满足其生理需要^[11]。试验结果(表 2)表明,当氮素浓度为 1.7 mmol/L 时,单株根部地上部氨基酸含量均显著低于其他处理,说明外界氮素水平过低,不利于氨基酸合成;氮素浓度为 5 mmol/L 时,虽然根系、地上部单位鲜重的氨基酸含量都较高,但单株氨基酸含量却与 15 mmol/L 供氮水平的无差异,说明 5 mmol/L 供氮水平下叶片和根系氨基酸含量高值是一个假象;氮素浓度由 5 mmol/L 升高到 15 mmol/L 时,地上部和根系的氨基酸含量有所下降,可能是由于在此供氮水平下,植株的生长量较大(表 5)而造成的;氮素水平为 25 mmol/L 时,根系氨基酸含量下降,地上部氨基酸含量显著增加,也表明高氮供给下,地上部是硝态氮的代谢库,且分蘖期地上部是植株的代谢中心。

2.3 氮素水平对叶绿素含量的影响

叶绿素是光合作用的物质基础,氮素是叶绿素的组成成分,因此供氮水平常影响叶绿素含量。本试验结果(表 3)表明,5 mmol/L 氮素浓度时叶绿素含量最高,这可能是在此供氮水平下,根系虽吸收、还原了较多硝态氮,根系、叶片氨基酸含量均较高,但其生长有限所致。15 mmol/L 供氮水平下叶绿素含量最低,是由于此供氮水平下,叶片面积较大而产生的生物稀释效应;从单株叶绿素含量可以看出,植株叶绿素含量随供氮水平升高而升高。表明小麦分蘖

期间外源氮素水平显著影响叶绿素 a, b 及叶绿素总 量, 氮素在叶绿素代谢中有决定性的作用。

表 3 氮素水平对叶绿素含量的影响

Table 3 Effect of nitrogen concentration on the content of chlorophyll

氮素水平/ (mmol · L ⁻¹) Concentration of N	叶绿素/(mg · g ⁻¹) Content of chlorophyll			单株叶面积/cm ² Leaf area	单株叶绿素/mg Content of chlorophyll per plant
	叶绿素 a Chl a	叶绿素 b Chl b	叶绿素 Chl		
1.7	0.360 ± 0.116 B	0.234 ± 0.109 B	0.594 ± 0.025 C	40.7 ± 8.4 B	1.010
5.0	0.527 ± 0.074 A	0.339 ± 0.063 A	0.944 ± 0.019 A	44.2 ± 9.0 B	1.416
15.0	0.381 ± 0.067 B	0.247 ± 0.035 B	0.571 ± 0.032 D	64.1 ± 8.3 A	1.599
25.0	0.506 ± 0.031 A	0.333 ± 0.042 A	0.838 ± 0.071 B	42.3 ± 6.8 B	1.844

注: 单株叶绿素含量= 地上鲜重 × 叶绿素含量。
Note: Content of Chlorophyll per plant= shoot fresh weight × content of chlorophyll

2.4 氮素水平对小麦含水量和生物量的影响

在本试验条件下, 不论含水量是以占鲜重的质量比表示, 还是以占干重的质量比表示, 当氮素浓度在 1.7~ 15 mmol/L 时, 地上部和根系含水量均随着氮素水平的增加而增加, 氮素浓度超过 15 mmol/L 而达到 25 mmol/L 时, 含水量反而下降; 根系的含水量下降幅度更大(表 4)。

从氮素水平对小麦形态影响看, 供氮水平直接影响着叶面积: 氮素浓度过低、过高, 叶面积显著减小。本试验结果(表 5)还显示, 氮素供给太少或太多, 均不利于根系的生长, 并使其分布区域缩小。

叶面积的变化随氮素水平的提高而增加, 这与徐跃进等^[14]的试验结果相似, 即红菜薹的叶面积随

施氮量的增大而增加。本试验结果还指出, 氮素浓度为 15 mmol/L 时叶面积最大, 且与其余各处理(其余各处理间差异不显著)间差异显著。氮素浓度过高或过低, 叶片面积都较小(表 3)。分析原因认为, 叶面积大小可能主要受植物体内水分多少的影响。Radin 等^[15]指出, 氮素不足时, 叶片细胞比对照的小。本试验结果显示, 与 15 mmol/L 供氮水平相比, 5 mmol/L 供氮水平下叶片、根系的含氮物质均较高, 但是叶面积却较小, 说明 5 mmol/L 供氮水平下的叶面积较小, 并非是氮素不足造成的, 这可能主要是水分不足造成的, 而水分不足使叶片扩张生长中膨压降低造成细胞较小^[16], 从而在宏观上使叶片面积较小。

表 4 氮素水平对地上部和根系含水量的影响

Table 4 Effect of N concentration on the content of water(percent of dry weight)

氮素水平/(mmol · L ⁻¹) Concentration of N	含水量(占鲜重百分比)/% Water content (Percent of fresh weight)		含水量(占干重百分比)/% Water content (Percent of dry weight to fresh weight)	
	叶片 Leaf	根系 Root	叶片 Leaf	根系 Root
1.7	78.16	84.15	357.89	530.95
5.0	79.74	89.51	393.55	853.49
15.0	83.39	90.37	502.17	938.46
25.0	81.19	85.37	431.71	583.33

表 5 氮素水平对小麦生物量的影响

Table 5 Effect of N concentration on the biological characteristics of wheat

氮素水平/ (mmol · L ⁻¹) Concentration of nitrogen	根长/cm Root length	地上/(g · 株 ⁻¹) Shoot		地下/(g · 株 ⁻¹) Root		根冠比 Root to shoot ratio
		鲜重 Fresh weight	干重 Dry weight	鲜重 Fresh weight	干重 Dry weight	
1.7	18.1 ± 1.5 B	1.7 ± 0.2 C	0.38 ± 0.03 B	0.95 ± 0.12 B	0.088 ± 0.02 B	0.24 ± 0.03
5.0	20.9 ± 1.4 A	1.5 ± 0.1 C	0.30 ± 0.01 C	0.82 ± 0.08 B	0.086 ± 0.01 AB	0.28 ± 0.05
15.0	21.6 ± 1.2 A	2.8 ± 0.2 A	0.46 ± 0.07 A	1.35 ± 0.09 A	0.132 ± 0.04 A	0.32 ± 0.04
25.0	18.4 ± 1.8 B	2.2 ± 0.3 B	0.41 ± 0.06 AB	0.82 ± 0.08 B	0.121 ± 0.05 A	0.28 ± 0.09

生物量是表征生长发育的数量指标。本试验结果(表 5)表明, 氮素浓度过低或过高都影响小麦的鲜重和干重。小麦地上鲜重随氮素水平升高而升高,

除 1.7 和 5 mmol/L 间差异不显著外, 其余各处理间差异显著; 氮素水平过高, 鲜重反而下降, 这可能是由于高氮水平下小麦的含水量减小造成的。氮素

水平由 1.7 mmol/L 增加到 15 mmol/L, 地上、地下干重随之升高, 地上干重各处理间差异显著; 地下干重仅 1.7 mmol/L 处理的和其余处理间差异显著, 说明 1.7 mmol/L 氮素水平显著影响小麦光合产物的分配; 当氮素浓度超过 15 mmol/L 而达到 25 mmol/L 时, 地下与地上干重均有所下降。Hehl 等^[17]报道: 氮素水平提高, 干物质也随之增加; 但是氮素水平过高, 干物质不再增加反而降低。Kirkby 等^[18]试验也指出, 氮素水平由低水平到高水水平, 番茄植株的干重几乎增加了 2 倍。说明增加氮素有利于植物积累干物质; 但是氮素过量供给时, 不利于小麦积累干物质。

分析本文测定的生理指标与生物量之间的关系发现, 在 50 mmol/L 氮素浓度下测得的铵态氮、氨基酸、叶绿素、蛋白质含量都较高, 但最终的生物量却是 15 mmol/L 氮素浓度下的最高, 说明 5 mmol/L 供氮水平下上述含氮物质的积累是由于

生长量较小而造成的; 正如赵平等^[1]所指出的, 有些植物叶氮含量高, 但光合的产出小或净光合几乎等于 0 的情况也会出现, 说明叶片含氮量高并非总是优点。15 mmol/L 供氮水平下, 根系吸收、还原了较多的硝态氮, 合成了较多的蛋白质, 特别是在此供氮水平下, 植株的含水量极显著地高于其他处理, 而植株水分含量高, 植株积累的渗透调节物质多, 植株体内代谢旺盛, 这说明 15 mmol/L 供氮条件下含氮物质的表现较少, 是植株生长较快, 将大量的含氮物质转化为植株的结构物质所致。

综上所述, 氮素水平明显影响小麦对硝态氮、铵态氮的累积, 从而进一步影响小麦体内的蛋白合成, 更重要的是影响小麦叶片和根系的含水量, 从而进一步影响小麦体内的其他代谢过程, 影响生物学产量及叶片、根系的形态。因此, 在小麦分蘖期应适当施用氮肥, 以利于小麦生长。

[参考文献]

- [1] 赵平, 孙谷畴, 彭少麟. 植物氮素营养的生理生态学研究[J]. 生态科学, 1998, 2: 37- 42
- [2] 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
- [3] 毛达如. 植物营养研究方法[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1998 17- 18
- [4] Bradford M M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding[J]. Anal Biochem, 1976, 72: 248- 252
- [5] 西北农业大学植物生理生化教研组. 植物生理实验指导[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1986 9
- [6] 沈伟其. 测定水稻叶片叶绿素含量的混合液提取法 I. [J]. 植物生理学通讯, 1988, 3: 62- 64
- [7] L. nuchi A, Bielek R L. Encyclopaedia of plant physiology[M]. Berlin Heidelberg New York Tokyo: Springer-Verlag, 1983 38
- [8] Freidrich J W, Schrader L E, Nordheim E V. N deprivation in maize during grain-filling I. Accumulation of dry matter, nitrate, and sulfate-S[J]. Agron J, 1979, 71: 461- 465
- [9] 里克特 G. 植物代谢- 主要代谢的生理和生物化学[M]. 杨松榆, 梁康, 译. 北京: 科学出版社, 1978 372- 373
- [10] Chantaratwong W, Huffaker R C, Miller B L, et al. In vivo nitrate reduction in relation to nitrate uptake, nitrate content, and in vivo nitrate reductase activity in intact barley seedlings[J]. Plant Physiol, 1976, 57: 519- 522
- [11] 山东农学院. 作物栽培学[M]. 北京: 农业出版社, 1980 57
- [12] 罗廉源, 林植芳. 氮素营养对丙酮酸磷酸二激酶的调节[J]. 植物生理学通讯, 1992, 28(1): 40- 42
- [13] 冯福生, 陈文龙, 梁国安. 不同氮水平下冬小麦叶绿体中甘油醛-3-磷酸脱氢酶活性的变化[J]. 植物生理学通讯, 1984, 4: 25- 27
- [14] 徐跃进, 王杏元, 洪小平. 不同氮素水平和密度条件下红菜薹的光合速率[J]. 湖北农业科学, 1997, 6: 46- 48
- [15] Radin J W, Parker L L. Water relation of cotton plants under nitrogen deficiency[J]. Plant Physiol, 1979, 64: 495- 498
- [16] Radin J W, Parker L L, Guinn G. Water relations of cotton plants under nitrogen deficiency V. Environmental control of abscisic acid accumulation and stomatal sensitivity to abscisic acid[J]. Plant Physiol, 1982, 70: 1066- 1070
- [17] Hehl G, Mengel K. Der Einfluss einer variierten kalium- und Stickstoffdungung auf den osmotischen potentialgehalt verschiedener Futterpflanzen[J]. Landw irisch Forsch Sonden, 1972, 2: 117- 129
- [18] Kirkby E A, Knight A H. Influence of the level of nitrate nutrition on ion uptake and assimilation, organic acid accumulation, and cation - anion balance in whole tomato plants[J]. Plant Physiol, 1977, 60: 349- 353

Influence of nitrogen level on some nitrogenous substance in winter wheat

CAO Cui-ling, LI Sheng-sin

(College of Natural Resources and Environment Sciences, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Water culture experiment was carried out with winter wheat at the tillering stage to study the influence of nitrogen level on some nitrogenous substances and biomass of wheat. The results showed that with the increase of N level, the content of endogenous nitrate, and the soluble protein were all increased in leaf and root; the content of endogenous ammonia in root and leaf were largest at the 5 mmol/L and 15 mmol/L; the concentration of exogenous nitrogen were too low or too high, the content of endogenous ammonium was decreased. The content of chlorophyll per plant increased with the increase of N level, there was a biological dilution effect in content of chlorophyll A at 15 mmol/L, the water content, leaf area per plant, and the fresh weight and dry weight of root and shoot were all largest. The ultimate reason of nitrogen rate affecting growth was that nitrogen level affected the status of endogenous water.

Key words: nitrogen level; winter wheat; tillering stage; nitrogenous substance; biomass

(上接第 10 页)

Numerical simulation of nutrient transfer and absorption in soil-root system

I. A steady-state model of nutrient uptake by plant roots

ZHANG Fu-cang, KANG Shao-zhong, LI Zhi-jun

(Key Laboratory of Agricultural Soil and Water Engineering in Arid and Semiarid Areas,
Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: According to mechanism of nutrient transfer and absorption in soil-root system and root growth, water uptake, and soil solution concentration as time-varying input, a steady-state model of nutrient uptake was established by considering the concentration profile around the roots to be in steady state at each time step. The solution was obtained by the method of iteration step by step according to measured nutrient transfer and absorption parameters within soil and plant. The model has characteristics with simple calculation and flexible change in imitating conditions.

Key words: soil-root system; nutrient transfer; nutrient absorption; mathematic model