

田间增铵条件下不同基因型小麦早期生长的差异研究

刘英杰, 李友军*, 吴金芝, 黄 明, 董芳芳, 段有强, 李 强

(河南科技大学 农学院, 河南 洛阳 471003)

摘要: 大田栽培条件下, 以河南地区 3 种筋型中有代表性的 14 个冬小麦品种为材料, 研究 $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ 分别为 100 : 0、75 : 25、50 : 50、25 : 75、0 : 100 混合形态氮肥下小麦早期生长和干物质积累的变化规律, 探讨小麦早期生长各项指标在不同 $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ 和不同基因型间的差异, 以及不同基因型小麦对增铵营养响应的差异。结果表明: (1) 根据增铵条件下不同基因型小麦的表现, 把所有品种分为敏感型、次敏感型、钝感型 3 种类型, 不同类型小麦增铵效应有显著差异。 (2) 增铵营养下 NH_4^+ 所占比例为 25%~50% 时对所有类型品种均有显著促进作用, 对株高、叶面积指数、分蘖数、植株干质量影响显著, 而对根长、地下部分干质量无显著影响。 (3) 小麦生长不同时期增铵效应有所差别, 对返青期各项指标影响显著, 主要是增加单株分蘖数; 拔节期对叶面积指数影响显著, 而对分蘖和茎鞘干质量无显著影响。

关键词: 小麦; 基因型; 增铵; 干物质积累

中图分类号: S512.1 文献标志码: A 文章编号: 1004-3268(2012)06-0029-05

Difference in Early Growth of Different-genotype Wheat under the Condition of Enhanced Ammonium Nutrition in Field

LIU Ying-jie, LI Your-jun*, WU Jin-zhi, HUANG Ming, DONG Fang-fang,

DUAN Your-qiang, LI Qiang

(College of Agronomy, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471003, China)

Abstract: In the field, 14 winter wheat cultivars, representatives of three wheat gluten types in Henan, were used to investigate the effect of different $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ ratios (100 : 0, 75 : 25, 50 : 50, 25 : 75, 0 : 100) on the early growth and the dry-matter accumulation of wheat, and to study the effect of enhanced ammonium nutrition(EAN) on the growth of wheat with different genotypes. The results indicated that: (1) According to the performance of different genotypes to EAN, all the varieties were divided into sensitive type, less sensitive type, and insensitive type. The response of different type wheat to EAN were significantly different. (2) Under the EAN, when the proportion of NH_4^+ was 25%—50%, it had a significantly promoting function, and especially influenced the plant height, leaf area index, tiller number and plant dry weight, but had no effect on root length and underground dry weight. (3) In different growth periods, wheat showed different reaction to EAN. EAN significantly affected the indexes after returning green, and mainly increased tillers. In jointing stage, it impacted leaf area index significantly, but had no significant influence on tillers and the dry weight of stem sheath.

Key words: wheat; genotype; enhanced ammonium nutrition(EAN); dry matter accumulation

收稿日期: 2011-12-26

基金项目: 国家科技部《国家粮食丰产科技工程》项目 (2004BA520A-06)

作者简介: 刘英杰 (1986-), 男, 河南通许人, 在读硕士研究生, 研究方向: 小麦栽培生理。E-mail: 511643849@qq.com

* 通讯作者: 李友军 (1962-), 男, 河南洛阳人, 教授, 博士, 主要从事小麦栽培生理研究。E-mail: kdlyj@sina.com

现代农业生产实践中过量使用氮肥与创建资源节约型社会及农业可持续发展相悖,不仅降低氮肥利用效率,而且污染地下水环境。混合形态氮营养又称增铵营养。大量研究表明,混合形态氮源的吸收和同化显著影响植株生长^[1-3],近年来已成为氮肥合理运筹的研究热点。对小麦等旱地农作物来说,增铵能显著促进植株生长和干物质积累^[4-8],但其生理基础尚未明确。鉴于此,在大田栽培条件下系统评价不同类型北方冬小麦品种对增铵反应的基因型差异,以阐明小麦早期生长各项指标在不同 $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ 下的变化规律,旨在为北方冬小麦优质品种的合理利用及氮肥运筹提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料及处理

试验在河南科技大学开元校区试验田进行,以郑麦 9023(强筋)、郑麦 366(强筋)、郑麦 9694(强筋)、金麦 8 号(中筋)、郑麦 004(弱筋)、矮抗 58(中筋)、新麦 18(强筋)、新麦 19(强筋)、新麦 208(中筋)、周麦 16(中筋)、周麦 18(中筋)、周麦 22(中筋)、西农 979(强筋)、洛麦 23(强筋)等 14 个冬小麦品种为试验材料,2009 年 10 月 21 日播种,基本苗 2.4×10^6 株/hm²。设置 5 个 $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ 处理,即 100 : 0、75 : 25、50 : 50、25 : 75、0 : 100,分别用 CK、N₁、N₂、N₃、N₄ 表示。随机区组排列,重复 3 次,小区为 3 m×3 m。硝态氮肥为 NaNO₃,铵态氮肥为 NH₄HCO₃,每公顷施 N 240 kg、P₂O₅ 138 kg、K₂O 165 kg,氮肥 50%作底肥,50%在拔节期随水追入,磷钾肥作底肥一次性施入。其他管理同大田。

1.2 试验田土壤理化性质

取试验田 0~40 cm 土层中的土壤测定理化性状,土壤含水量为 1.38%,pH 值为 7.13,速效磷 9.02 mg/kg,速效钾 230 mg/kg,有机质 21.3 g/kg,碱解氮为 68.3 mg/kg。

1.3 取样及测定方法

在各小区选取生长一致、代表性好的麦苗 10 株,返青期(3 月 10 日)、拔节期(4 月 1 日)各取 1 次。测定株高、根长、叶面积,并计算单株叶片数、单株分蘖数。先将整株杀青烘干后测定干质量,再分为叶片、茎鞘、根系,烘干后分别测定干质量。采用 DPS 7.05 和 Excel 分析试验数据。

2 结果与分析

2.1 不同基因型小麦对增铵的响应

试验结果表明,不同基因型小麦均在混合形态氮

营养处理下增铵响应显著,根据 14 个品种对增铵反应的敏感度的强弱,对株高、根长、分蘖数、叶干质量、茎鞘干质量、根干质量、单株总干质量、冠根比、叶面积指数 9 个性状指标进行标准化转换后,以离差平方和法聚类分析,将 14 个品种分为 3 类(图 1)。

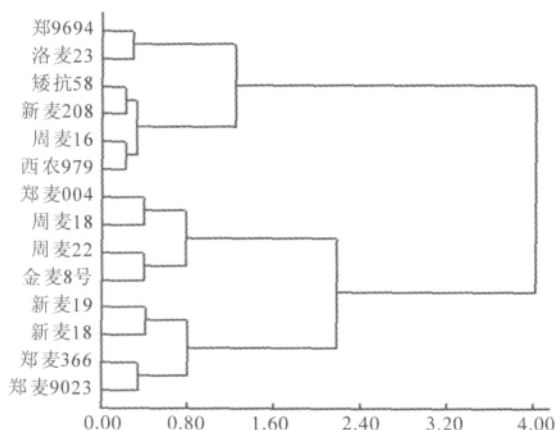


图 1 增铵条件下不同小麦品种生长响应聚类结果

第 1 类:敏感型,包括郑麦 004、周麦 22、周麦 18、金麦 8 号 4 个品种,占全部供试品种的 28.57%。通过分析可知,增铵条件下敏感型小麦品种在株高、分蘖数、叶面积指数、干物质积累及分配等性状指标均有极显著的变化,以郑麦 004 为例,返青期 N₂ 处理下分蘖数较对照增加了 13.2%,干物质较对照增加了 25.64%。该类型中平均干物质积累比对照增长 21.51%,差异极显著。

第 2 类:次敏感型,包括郑麦 9694、洛麦 23、矮抗 58、新麦 208、周麦 16、西农 979 等 6 个品种,占全部供试品种的 42.86%。该类型平均干物质积累量比对照增长 12.10%,返青期、拔节期分别增长 11.90%、12.3%,2 个时期的增长幅度基本相同。

第 3 类:钝感型,包括新麦 19、新麦 18、郑麦 9023、郑麦 366 共 4 个品种,占供试品种的 28.57%。该类型平均干物质积累量增长为 4.78%,差异不显著。

试验结果表明,不同小麦品种之间增铵的效应有明显差异,这是由小麦各自的基因型所决定。关于混合形态氮源对小麦生长的形态指标和生理指标以及花后灌浆期的促进作用研究已有很多^[5,8-9],但关于不同基因型品种间差异以及变化规律的研究不多。

2.2 增铵对小麦返青期、拔节期生长和干物质积累的影响

由表 1、表 2 可以看出,适当比例的铵态氮肥能够促进小麦返青期、拔节期株高和单株分蘖数的增

加,并间接影响到单株叶片数和叶面积的增长,而对根长的影响无明显规律。试验结果表明,敏感型小麦在 N_1 或 N_2 处理下单株干物质积累量比对照增加最多,且单株干质量与分蘖数和叶面积指数表现出相似的趋势,且同一水平下,干物质积累的增加自然伴随着氮含量的积累,并促进总氮含量的上升。总氮积累量的增加说明增铵能够促进敏感型小麦植株对氮源的吸收,敏感型小麦株高、单株分蘖数、叶面积指数、单株干物质质量与对照相比差异显著。次敏感型小麦各处理单株干物质质量差异显著,但株高没有明显的变化。钝感型小麦表现不显著。3 种类型的小麦, N_4 与 CK 相比,株高、单株分蘖数、干物质积累等性状均明显降低,对叶面积指数的影响最为显著,可能是由于过量的铵态氮肥造成 NH_4^+ 毒害,进而影响根系对水分和氮素的吸收,通过对冠根比的分析可知,过量的铵态氮会抑制根系的生长,使地下部干物质积累量降低,可能是 NH_4^+ 过量影响根系对氮的吸收和转运,从而影响地上部的生长和干物质的积累。结果还表明, NO_3^-/NH_4^+ 混合比例氮素营养中铵态氮的比例以 25%~50% 对小麦返青期、拔节期促进作用最为明显。

表 1 返青期内增铵对不同基因型小麦生长的影响

类型	NO_3^-/NH_4^+	株高/ cm	根长/ cm	单株分 蘖数/个	叶面积 指数	单株干 物质质量/g
敏感型	CK	16.77b	7.75a	4.1ab	1.17c	0.394b
	N_1	17.08ab	8.74a	4.9a	1.29b	0.510a
	N_2	18.10a	7.30a	4.9a	1.45a	0.498a
	N_3	17.20ab	8.40a	4.3ab	1.21c	0.439ab
	N_4	16.24b	8.66a	3.6b	1.07d	0.304b
次敏感型	CK	17.65a	8.63a	4.9ab	1.20b	0.508b
	N_1	17.98a	7.48a	5.5a	1.25b	0.574a
	N_2	18.60a	8.08a	5.1a	1.44a	0.568a
	N_3	18.25a	9.04a	4.8ab	1.21b	0.534ab
	N_4	17.48a	8.63a	4.2b	1.04c	0.427c
钝感型	CK	17.13a	10.59a	3.9a	1.12b	0.451a
	N_1	17.15a	10.73a	3.6a	1.13b	0.484a
	N_2	17.40a	10.73a	3.9a	1.21a	0.488a
	N_3	17.40a	10.89a	3.9a	1.18a	0.467a
	N_4	16.49ab	11.80a	3.8a	1.09b	0.448a

注:表中数据为不同类型小麦品种的平均值;同一指标后不同字母表示差异达 5% 显著水平,下表同。

表 2 拔节期内增铵对不同基因型小麦生长的影响

类型	NO_3^-/NH_4^+	株高/ cm	根长/ cm	单株分 蘖数/个	叶面积 指数	单株干 物质质量/g
敏感型	CK	54.05ab	13.45a	2.0bc	3.03b	2.289ab
	N_1	55.88a	14.94a	1.9c	3.12ab	2.329ab
	N_2	57.17a	14.29a	2.4a	3.21a	2.613a
	N_3	54.17ab	14.29a	2.1b	3.14ab	1.944b
	N_4	50.85b	12.50a	1.7d	3.01b	1.974b

续表 2 拔节期内增铵对不同基因型小麦生长的影响

类型	NO_3^-/NH_4^+	株高/ cm	根长/ cm	单株分 蘖数/个	叶面积 指数	单株干 物质质量/g
次敏感型	CK	54.36ab	13.25a	1.9bc	3.18bc	2.454ab
	N_1	55.87a	14.66a	2.8a	3.36a	2.622a
	N_2	55.65a	14.00a	2.4ab	3.40a	2.684a
	N_3	55.56a	14.17a	2.0bc	3.20b	2.491ab
	N_4	52.69b	14.13a	1.6c	3.11c	2.289b
钝感型	CK	57.68a	12.70a	2.3ab	3.13c	2.255a
	N_1	55.95a	15.73a	2.3ab	3.17b	2.526a
	N_2	54.66a	13.20a	2.4a	3.20a	2.171a
	N_3	54.06a	13.77a	2.1c	3.16b	2.139a
	N_4	53.69a	13.91a	2.2bc	3.12c	2.092a

由表 1 可知,返青期 N_1 、 N_2 处理下敏感型小麦株高分别较 CK 增加了 1.85%、7.93%,次敏感型小麦株高分别增加了 1.87%、5.38%,钝感型小麦株高的增加没有规律; N_2 处理下敏感型小麦单株分蘖数和单株干质量分别增加了 7.93%、26.40%,次敏感型小麦则分别增加了 4.08%、11.92%,钝感型小麦分别增加了 1.98%、8.20%。由此可知,增铵对不同品种小麦单株分蘖数和单株干质量的增加均具有促进作用;同时增铵对敏感型小麦株高的增加作用更为明显。

由表 2 可知,拔节期内 3 种类型小麦各项指标同样存在差异, N_1 处理下敏感型、次敏感型较 CK 小麦株高分别增加了 3.39%、2.78%,而钝感型降低了 3.0%;单株分蘖数和根长的变化没有规律,而敏感型和次敏感型小麦叶面积指数分别增加了 5.94%、6.91%, N_2 处理敏感型小麦单株干质量分别增加了 14.15%。表明拔节期增铵对小麦叶片数和叶面积增加有显著促进作用。

由以上分析可知,敏感型、次敏感型、钝感型小麦的增铵效应具有显著差异,返青期内主要促进小麦单株分蘖数的增加和株高生长,拔节期内主要促进小麦叶片数和叶面积的增加。

2.3 增铵对小麦返青期、拔节期干物质分配的影响

小麦返青期、拔节期生长速度较快,生物量积累骤增,干物质在根、茎鞘、叶的分配直接影响器官形成。由表 3 可以看出,不同 NO_3^-/NH_4^+ 混合比例下氮素营养对干物质分配的影响差异显著,并且不同类型小麦干物质分配对增铵营养的效应有显著差异。通过分析可知,在 N_2 处理下,返青期增铵对敏感型、次敏感型、钝感型小麦干物质积累最高值分别增加 29.6%、13.1%、6.8%,其中地上部干质量(茎鞘干质量+叶干质量)分别增加 31.3%、15.5%、8.3%;在 N_1 处理下拔节期干物质积累增加了 14.0%、9.4%、1.4%,地上部干质量相应增加

15.8%、10.6%、9.4%。由此可知,增铵主要促进小麦地上部的生长,将干物质更多地分配到叶片和茎鞘,而对根没有明显影响,同时不同类型的小麦地上部生长和干物质分配对增铵营养的效应具有极显著差异。进一步分析可知,拔节期和返青期不同类型小麦干物质分配具有显著差异,返青期敏感型小麦

CK 叶干质量、茎鞘干质量分别占单株总干质量的 37.5%和 52.5%, N_1 处理则分别达到 38.5%和 52.0%;拔节期 CK 叶、茎鞘占单株总干质量分别为 22.7%、67.2%, N_1 处理则为 27.5%、64.9%。说明增铵在返青期的促进作用体现在叶和茎鞘 2 个方面,而在拔节期增铵则显著促进叶的形成。

表 3 不同 NO_3^-/NH_4^+ 混合比例氮素营养对干物质分配的影响

类型	NO_3^-/NH_4^+	返青期			拔节期		
		叶	茎鞘	根	叶	茎鞘	根
敏感型	CK	0.15ab	0.21ab	0.04ab	0.54abc	1.60ab	0.24a
	N_1	0.20a	0.27a	0.05a	0.69ab	1.63ab	0.19a
	N_2	0.18a	0.28a	0.04ab	0.72a	1.71a	0.24a
	N_3	0.16ab	0.24ab	0.04ab	0.52bc	1.47b	0.24a
	N_4	0.10b	0.17b	0.03b	0.49c	1.48ab	0.21a
次敏感型	CK	0.19b	0.27ab	0.05a	0.59b	1.60a	0.26a
	N_1	0.22a	0.31a	0.04a	0.70a	1.62a	0.30a
	N_2	0.21ab	0.31a	0.05a	0.72a	1.71a	0.26a
	N_3	0.20b	0.29a	0.05a	0.74a	1.42a	0.26a
	N_4	0.16c	0.22b	0.05a	0.52b	1.68a	0.28a
钝感型	CK	0.17bc	0.23a	0.05a	0.52a	1.55a	0.18a
	N_1	0.19a	0.25a	0.04a	0.57a	1.70a	0.25a
	N_2	0.18ab	0.26a	0.05a	0.49a	1.51a	0.16a
	N_3	0.18abc	0.25a	0.04a	0.48a	1.40a	0.25a
	N_4	0.17c	0.24a	0.04a	0.49a	1.41a	0.19a

相关分析表明(表 4),不同小麦品种各生长性状之间的相关关系在返青期和拔节期有明显不同,单株分蘖数在返青期与单株干物质积累呈显著正相关,而在拔节期没有达到显著水平,可能是返青期增铵干物质的积累主要通过单株分蘖数的增加来实现,而在拔节

期,群体的自动调节作用使得分蘖的消长有所变化,干物质的增加不仅与单株分蘖数相关,同时与地下部根系的健壮发达程度呈显著正相关。试验结果还表明,叶面积指数始终与干物质积累呈显著正相关,并且拔节期单株分蘖数的与叶面积指数呈显著正相关。

表 4 不同小麦品种生长性状之间的相关关系

生长性状	株高/cm		单株分蘖数/个		单株干质量/g		地下部干质量/g	
	返青期	拔节期	返青期	拔节期	返青期	拔节期	返青期	拔节期
单株分蘖数/个	0.65	0.82*						
单株干质量/g	0.81	0.69	0.87*	0.76				
地下部干质量/g	0.57	0.63	0.67	0.68	0.78	0.96**		
叶面积指数	0.96**	0.82*	0.75	0.91*	0.86*	0.81*	0.77	0.76

注: * 和 ** 分别表示在 0.05 和 0.01 水平上相关。

3 结论与讨论

本研究结果表明,增铵能够促进不同基因型小麦单株分蘖数、株高、叶面积指数以及干物质积累的增加,但不同品种表现不尽一致。小麦对不同比例的混合形态氮肥的响应有明显差异, NH_4^+ 所占比例为 25%~50% (N_1 、 N_2) 时,14 个小麦品种生长性状均表现出有利于其早期生长和干物质积累。研究同时表明,过量的铵态氮肥会抑制小麦分蘖数的增

加和地上干物质的积累,这和戴廷波等的研究结果一致^[3],但笔者认为,增铵条件下地上干物质的增加不仅与分蘖数增加有关,还与增铵营养增加了叶片数和叶面积有一定关系。返青期至拔节期是小麦营养生长的关键时期,其生育特点是生根、长叶和分蘖,所以,根、茎鞘、叶片的生长和干物质积累以及单株分蘖数共同决定着穗的分化和形成,并且各指标之间呈正相关。

增铵在小麦生长发育的不同时期和响应部位也

有显著差异,大部分研究者认为,增铵与根长和地下干物质积累无明显的相关关系^[1,3,7],地上干物质的积累主要通过分蘖数的增加来实现。本试验结果表明,增铵促进了返青期单株分蘖数、株高、茎鞘和地上部干物质的增加,而对叶片干物质没有明显影响,可能是由于茎生长锥更多地分化为新的分蘖,基本叶数没有增加;在拔节期增铵对茎鞘干物质积累没有显著影响,而对叶面积指数的促进作用比较显著,表现为单株叶片数的上升和单株叶面积的增加。根生长和地下干物质积累虽然在形态指标上没有发现规律,土壤中氮源只有通过根系输送到地上部才能促进茎鞘和叶片的吸收^[11],所以地下部对地上部贡献可以体现在冠根比上,合适的协调关系才能促进小麦的良好生长,推测增铵提高了根系酶的活性和根的活力,但有待进一步的印证。

增铵对小麦早期生长具有明显的基因型差异^[10],通过对株高、根长、分蘖数、叶干质量、茎鞘干质量、地下部干质量、冠根比等生长指标进行聚类分析,将14个小麦品种分为敏感型、次敏感型和钝感型。通过对小麦筋力型的分析,表现显著敏感型小麦品种多为弱筋和中筋,而钝感型小麦品种为强筋小麦,可见,不同基因型小麦对增铵的响应与小麦的生理特性有一定的内在关系,增铵在灌浆期对小麦生理性状之间的关系有待进一步研究。

参考文献:

- [1] Heberer J A, Below F E. Mixed nitrogen nutrition and productivity of wheat grown in hydroponics[J]. Ann Bot, 1989, 63: 643-649.
- [2] Below F E, Heberer J A. Time of availability influences mixed nitrogen-inluces increases in growth and yield of wheat[J]. Plant Nutr, 1990, 13: 667-676.
- [3] 戴廷波, 曹卫星. 增铵营养对小麦早期生长的促进效应[J]. 麦类作物学报, 2000, 20(4): 42-46.
- [4] Cao W, Cibbitts T W. Study of various NH_4^+ / NO_3^- mixtures for enhancing growth of potatoes[J]. Plant Nutr, 1993, 16: 1691-1704.
- [5] 孙传范, 戴廷波, 荆奇, 等. 不同生育时期增铵营养对小麦生长及氮素利用的影响[J]. 应用生态学报, 2004, 15(5): 753-757.
- [6] 吴金芝, 黄明, 李友军, 等. 不同水分和氮素形态对弱筋小麦豫麦50籽粒淀粉产量和淀粉糊化特性的影响[J]. 中国农业科学, 2009, 42(5): 1833-1840.
- [7] 马新明, 王志强, 王小纯, 等. 氮素形态对不同专用型小麦根系及氮素利用率影响的研究[J]. 应用生态学报, 2004, 15(4): 655-658.
- [8] 马新明, 王小纯, 王志强. 氮素形态对不同专用型小麦生育后期光合特性及穗部性状的影响[J]. 生态学报, 2003, 23(12): 2587-2593.
- [9] 吴金芝, 李友军, 黄明, 等. 不同形态氮素对弱筋小麦籽粒淀粉积累及其相关酶活性的影响[J]. 麦类作物学报, 2008, 28(1): 118-123.
- [10] 李友军, 熊瑛, 吕强, 等. 不同类型专用小麦叶、茎、粒可溶性糖变化与淀粉含量的关系[J]. 中国农业科学, 2005, 38(11): 2219-2226.
- [11] 巨晓棠, 刘学军, 张福锁. 不同氮肥施用后土壤各氮库的动态研究[J]. 中国农业生态学报, 2004, 12(1): 92-94.