

小麦耐肥性本质的探讨

陈振德

邹琦 程炳嵩 梁作勤

(青岛市农业科学研究所)

(山东农业大学基础部)

摘 要

本文研究了3个耐肥性不同的冬小麦品种对N肥用量的反应,讨论了小麦耐肥性的本质。结果表明,不耐肥品种在低N条件下有较高的N素利用效率,而耐肥品种则在高N条件下N素利用效率较高。

随着化肥工业的迅速发展,用于农田的化肥(尤其是N肥)不断增加,这对提高作物产量起了非常重要的作用。一般认为,增施N肥能够提高作物产量,但N肥用量超过一定限度,产量不仅不能继续提高,还会因徒长倒伏而减产。因此,弄清作物耐肥性的本质,对作物栽培、育种或品种布局上都是非常重要的。

关于作物的耐肥性,至今尚无确切的定义。马场于1956年首次提出水稻耐肥性的概念,并将耐肥性区分为广义与狭义两个范畴。认为广义的耐肥性包括在多肥条件下所表现的抗病性、抗倒伏性及形态和生理特性。此后,高桥(1960)^[1]研究了水稻耐肥性与碳水化合物积累的关系。长田和村田(1962)^[2]研究了水稻耐肥性与光合、呼吸的关系。自李豪喆等^[3]发现硝酸还原酶活力与耐肥性呈负相关以来,国内关于作物耐肥性的研究工作日趋活跃,人们对作物耐肥性的本质有了进一步的认识。然而,关于耐肥性品种为何能在高肥条件下生长稳健,而耐瘠品种则在低肥条件下能比耐肥品种获得较高产量等问题,仍有必要进行深入细致的工作。我们曾有试验表明,不耐肥小麦品种的光合效率^[4]、表观量子效率^[5]和羧化效率^[6]均随施N量的增加而降低,而耐肥品种则随之增加。本文主要研究了3个耐肥性不同的冬小麦品种在不同供N水平下的产量、N素生产力及体内N素的分布状况,以期探讨小麦耐肥性的本质。

一、材料和方法

(一)供试土壤、品种及试验处理

试验于1985—1987年在本校网室的盆栽中进行的。供试品种为3个耐肥性不同的冬小麦(*Triticum aestivum* L.)品种(昌乐5号,不耐肥;泰山一号,中度耐肥;济南13,高度耐肥),分别于1985和1986年10月播种于本校实习农场大田中,翌年3月返青期移栽至瓷盆中(内径20厘米,高25厘米)。试验用土采自农场果园,其养分状况见表1。每盆装土8.75千克,另加1克硫酸钾和2克磷酸二氢钾,充分混匀。选取生长一致的健壮麦苗,每盆栽4株,栽后浇足水。置网室中生长,并进行常规管理。

试验设置低、中、高3种供N水平,低N为不施N(N_0),中N(N_1)和高N(N_2)分别施硝酸钙3和6克/盆,相当于每亩施纯N10.8和21.6千克。

(二)施肥方法

表1

盆栽用土的养分状况

年份	有机质 (克/千克)	全N (克/千克)	全P (克/千克)	有效N (毫克/千克)	有效P (毫克/千克)	有效K (毫克/千克)
1986	13.3	1.08	0.63	119	42	62
1987	14.5	1.02	0.68	118	32	54

将硝酸钙按规定量称好后，溶于500毫升自来水中，浇于盆内。第1次施肥在栽后1周，施肥量为总量的1/3。第2次在拔节期，施用剩余的2/3。

(三)考种

每处理选取生长一致的植株4盆，收获后在室内考查穗数、穗粒数和千粒重，以盆为单位计产。

(四)测定与计算

1. 植株内N素用浓硫酸和高氯酸消煮，康维皿扩散法测定。
2. N素收获指数(NHI)(%) = 籽粒含N量/植株总N量 × 100。
3. N素生产力 = 籽粒重或生物量(克)/植株总N量(克)。

二、结果与分析

(一)不同耐肥性小麦品种的产量及其构成因素对N肥的反应

在作物生产中，耐肥品种与不耐肥品种的最大差别是产量对N肥的反应，因此，我们首先对不同耐肥性小麦品种在不同供N水平下的产量及其构成因素进行了分析，结果见表2。

表2 不同耐肥性小麦品种的产量及其构成因素对N肥的反应

品种	N素水平	穗数/盆	粒数/穗	千粒重(克)	产量(克/盆)	经济系数
昌乐5号	N ₀	16.5cC	28.9aA	39.33aA	18.42aA	0.36aA
	N ₁	19.5bB	25.4bB	37.79bB	18.86aA	0.33aA
	N ₂	22.5aA	23.2cC	34.71cC	16.03bB	0.27cB
泰山一号	N ₀	17.5bB	25.8aA	37.22aA	16.43aA	0.38aA
	N ₁	21.3aA	23.3bB	36.90aA	17.66aA	0.36aA
	N ₂	21.8aA	22.7bB	36.23aA	17.57aA	0.35aA
济南13	N ₀	16.5bB	23.7aA	43.72aA	16.83bB	0.41aA
	N ₁	22.3aA	20.0bB	43.11aA	19.91aA	0.39aA
	N ₂	23.0aA	19.5bB	42.79aA	20.20aA	0.38aA

注：用小写字母和大写字母标记的数值分别为5%和1%差异显著水平，字母相同者为差异不显著。根据LSR测验法。以下各表均同此。

从表2可见，在不施N肥的情况下，不耐肥的昌乐5号产量高于中度耐肥的泰山一号和高度耐肥的济南13。然而，随着施N量的增加，不同品种间产量变化的趋势却明显不同。不耐肥的昌乐5号由低N至中N水平，产量略有提高，但在高N条件下产量却明显降低。中度耐肥的泰山一号虽随施N量的增加，产量有所提高，但提高的幅度较小，不同N素水平间差异不明显，并在高N条件下产量略有降低。而高度耐肥的济南13产量随施N量的增加则明显提高。在高N条件下，耐肥品种表现出最高的产量，而不耐肥品种的产量则在低N条件下表现为最高。

增施N肥能明显提高穗数，但平均穗粒数降低(表2)。这种趋势在3个品种上的表现是一致的。N素对千粒重的影响因品种的耐肥性而异，昌乐5号的千粒重在不同N素水平下表现

现出明显的差异，施N肥量越大，千粒重降低得越多。泰山一号虽也因增施N肥而使千粒重降低，但降低的幅度较小。济南13的千粒重随施N量增加而降低不明显。

(二) N素对不同耐肥性小麦品种植株内N素含量及分布状况的影响

从表3可以看出，成熟期麦株内的N素在各器官中的分布顺序为籽粒>去粒穗（包括颖壳、麦芒和穗轴）>茎鞘>叶片。随着施N量的增加，植株中的N素总量明显提高，但籽粒中积累的N素比例则明显下降，滞留在茎鞘和去粒穗中的N素相对增多。增施N肥减弱了N素向籽粒中的运转和分配，这与张继林^[7]和黄德明等^[8]的结果一致。值得注意的是，在高N条件下，不耐肥品种在去粒穗中滞留的N素明显高于耐肥品种。换言之，高N条件下，耐肥品种比不耐肥品种能更有效地发挥N素对籽粒形成的作用。

表3 小麦植株内N素分布状况(毫克/株)

品种	N素水平	茎 鞘	叶 片	去粒穗	籽 粒	全 株
昌乐5号	N ₀	9.33cC (8.46)	3.72bB (3.37)	12.36cC (11.21)	84.82bB (76.95)	110.23cB (100)
	N ₁	16.54bB (10.93)	5.70bB (3.77)	29.96bB (19.80)	99.12aA (65.50)	151.32aA (100)
	N ₂	24.94aA (14.90)	8.87aA (5.30)	38.55aA (23.03)	95.04aA (56.77)	167.40aA (100)
泰山一号	N ₀	6.55cB (6.44)	3.42bB (3.36)	10.30cC (10.13)	81.38bB (80.06)	101.65cC (100)
	N ₁	10.18bB (7.41)	5.20aA (3.79)	26.04bB (18.96)	95.91aA (69.84)	137.33bB (100)
	N ₂	16.79aA (10.76)	6.18aA (3.96)	33.85aA (21.69)	99.21aA (63.58)	156.03aA (100)
济南13	N ₀	10.14cB (8.91)	3.38cC (2.97)	8.86cB (7.79)	91.37cC (80.33)	113.75cC (100)
	N ₁	19.38bA (12.84)	7.13bB (4.72)	14.49bA (9.60)	109.92bB (72.83)	150.92bB (100)
	N ₂	23.60aA (13.41)	10.96aA (6.23)	17.25aA (9.80)	124.23aA (70.57)	176.04aA (100)

法：括号中数值为相对值。

(三) 品种和N素水平对干物质生产、植株含N率和N素生产力(生物量)的影响

从表4可以看出，随着施N量的增加，植株干重、植株总N量和植株含N率均增加，而N素生产力(生物量)则显著降低。在同一N素水平上，植株含N率的顺序为昌乐5号<泰山一号<济南13，而N素生产力(生物量)则是昌乐5号>泰山一号>济南13。这说明不耐肥品种昌乐5号每形成单位生物量所需要的N素低于耐肥品种济南13。即前者每单位量的N素对干物质生产的贡献大于后者。换言之，这类品种能够利用体内较少的N素生产出较多的干物质，显然是能够经济利用N素的品种。

(四) 品种和N素水平对N素收获指数和N素生产力(籽粒)的影响

随着施N量的增加，N素收获指数(NHI)和N素生产力(籽粒)降低(表5)。这种降低主要是由于增加施N量提高了N素在茎梢和去粒穗中的分配比例所致。增加施N量对NHI和N素生产力(籽粒)的降低作用因品种的耐肥性而异，不耐肥品种降低较多，如昌乐5号NHI降低26%，N素生产力(籽粒)降低43%(高N与低N相比)，而耐肥品种济南13分别降低12%和22%。就NHI平均值而言，济南13>泰山一号>昌乐5号，这与耐肥性强的品种在高N条件下N素利用效率较高可能有关。3个品种N素生产力(籽粒)的均值虽无明显差别，但在不

表4 不同耐肥性小麦品种干物质生产、植株含N率和N素生产力(生物量)与N素水平的关系

品种	N素水平	植株干重(克/株)	植株总N量(毫克/株)	植株含N率(%)	N素生产力(生物量)
昌乐5号	N ₀	12.78bB	110.23cC	0.86bB	115.94aA
	N ₁	14.47aA	151.32bB	1.05aA	95.63bB
	N ₂	14.98aA	167.40aA	1.12aA	89.49cC
	平均	14.08	142.98	1.01	100.35
泰山一号	N ₀	10.85bB	101.65cC	0.94cB	106.74aA
	N ₁	12.20aA	137.33bB	1.13aA	88.84bB
	N ₂	12.72aA	156.03aA	1.23aA	81.52cC
	平均	11.92	131.67	1.10	92.37
济南13	N ₀	10.14cB	113.75cC	1.12aA	89.14eA
	N ₁	12.28bA	150.92bB	1.23aA	81.34bB
	N ₂	13.18aA	176.04aA	1.34aA	74.87cC
	平均	11.87	146.90	1.23	81.78

表5 N素对不同耐肥性小麦品种的N素收获指数和N素生产力(籽粒)的影响

品种	N素水平	N素收获指数(%)	相对值	N素生产力(籽粒)(克/克)	相对值
昌乐5号	N ₀	76.95aA	100	41.78aA	100
	N ₁	65.50bB	85.1	31.16bB	74.6
	N ₂	56.77cC	73.8	23.94cC	57.3
	平均	66.41		32.29	
泰山一号	N ₀	80.06aA	100	40.41aA	100
	N ₁	69.84bB	87.2	32.15bB	79.6
	N ₂	63.58cB	79.4	28.16bB	69.7
	平均	71.16		33.57	
济南13	N ₀	80.33aA	100	36.98aA	100
	N ₁	72.83bB	90.7	31.79bAB	86.0
	N ₂	70.57bB	87.9	28.69bB	77.6
	平均	74.58		32.49	

同N素水平间,仍可看出品种耐肥性不同而表现出的差别:在低N条件下,不耐肥品种昌乐5号的N素生产力(籽粒)高于耐肥品种济南13;而在高N条件下,济南13的N素生产力(籽粒)却又高于昌乐5号。

三、讨 论

从直观上讲,不耐肥品种(往往也是耐瘠品种)在瘠薄的土壤条件下能够比耐肥品种(往往是不耐瘠品种)获得较高的生物产量,从而可能得到较高的经济产量;但在高肥水条件下,常因生长过旺而倒伏减产,但耐肥品种在此条件下则仍能稳健生长。因此,可以从两个方面分析产生这一现象的原因:一是不耐肥品种根系发达程度及吸收能力可能强于耐肥品种,可以从土壤中吸收更多的矿质营养,以满足其生长的需要;二是不耐肥品种可能以较少的矿质营养(主要是N素)建造较大的同化面积,生产出较多的干物质,也可能以上两个特点兼而有之。关于根系对N素的吸收能力的差异,已由耐肥性不同的小麦品种NO₃⁻离子吸收动力学的研究结果所证实^[9]。本试验结果表明,不施肥品种体内单位量N素对干物质的贡献明显大于耐肥品种,具体表现为N素生产力(生产量)在各种施N水平下均随着品种耐肥性的增强而下降。这一结果证实了不耐肥(或耐瘠)品种不但可以从土壤中吸收较多的N素,而且可以利用单位量N素生产较多的干物质的推测。这样就可以在土壤肥力较低的条件保持一定的

生长量,从而取得较高的产量。虽然随着施N水平的提高,各品种的N素生产力(生物量)都普遍下降,但在同一施N水平上,施肥性不同的品种间仍然保留着原有的差别。从生物量生产的角度来看,不耐肥品种的N素利用效率显然高于耐肥品种,因此,把不耐肥品种看作是省肥品种是有道理的。

然而,从经济产量的角度来看,情况则比较复杂。不耐肥品种在高N水平下籽粒产量下降,而耐肥品种则可继续提高。显然,这是由于不耐肥品种随着N素水平的提高,其营养体生长过旺,使经济系数大幅度降低所引起的。反之,耐肥品种在高N条件下营养生长稳健,经济系数虽略有下降,但植株总干重增加的所得大于经济系数下降之所失,因而籽粒产量仍继续增长。

单位N素的籽粒生产力(GPN)是衡量被植物吸收的N素所能产生的经济效益的重要指标。不同耐肥性品种GPN在不同N素水平下的表现说明,3个品种虽然都受“报酬递减”法则的支配,随着施N水平的提高,GPN下降,但不耐肥品种下降的幅度明显超过耐肥品种,其结果,在低N条件下,不耐肥品种的GPN较高,而在高N条件下,耐肥品种的GPN较高。若将此结果与实际的籽粒产量联系起来看,不耐肥品种在相对较低的N素水平下,不但有较高的籽粒产量,而且也有较高的N素生产力,高产量与高效率两者是一致的;耐肥品种则相反,低N条件下虽然N素生产力较高,但籽粒产量低,高N条件下产量提高,而N素生产力却下降,两者是矛盾的。显然,利用耐肥品种在高N条件下创高产,实际上是以牺牲N素生产力为代价的,无疑有浪费肥料之弊端。

郑广华^[10]认为,肥水的增产作用主要是促进作物生长而扩大光合面积。但如果群体过大,就会影响通风透光而严重削弱个体,导致一系列的矛盾。耐肥品种的最大特点是在肥水(特别是N肥)较高时不易徒长,所以从某种意义上讲,耐肥品种可能是利用肥水不经济的费肥品种,而不耐肥品种实际上是省肥品种,在肥水不过多时,光合面积即可有较大增长,光合性能也不差,但其缺点是对肥水过敏感,易因肥水过多而旺长倒伏,不易控制。因此主张利用中度耐肥品种创高产,对指导高产栽培和育种具有重要意义。

参 考 文 献

- [1]高桥保夫、岩田岩、马场起,水稻品种的耐肥性に関する研究(第1报),日本作物学会记事,28(1): 22—24,1959。
- [2]长田明夫、村田吉男,水稻品种の光合成耐肥性に関する研究(第1报),日本作物学会记事,30(3): 220—222,1962。
- [3]李豪雄、林振武、汤玉玮,不同类型水稻幼苗硝酸还原酶的活力,实验生物学报,14(4): 407—409,1981。
- [4]陈振德、邹琦、程炳嵩、梁作勤,小麦品种的耐肥性与光合作用,植物学通报,(1): 37—42,1991a。
- [5]陈振德、邹琦、程炳嵩、梁作勤,不同耐肥性小麦品种的需光特性,山东农业大学学报,(1): 73—82,1990。
- [6]陈振德、邹琦、程炳嵩、梁作勤,不同耐肥性小麦品种光合作用对CO₂的响应特性,植物生物学学报,2(1): 3—13,1991。
- [7]张继林、孙元敏、郭绍铮、黄玉鸾、陆桂玉、唐银凤,高产小麦营养生理特性与施肥技术研究,中国农业科学,(4): 39—45,1988。
- [8]黄明德、俞仲林、朱德锋、高式余、王绍华、曹卫星,淮北地区高产小麦植株吸收氮及土壤供氮特性,中国农业科学,(5): 59—65,1988。
- [9]王惠生,不同耐肥性小麦品种幼苗NO₃⁻吸收等特性的研究,山东农业大学硕士研究生毕业论文,1987。
- [10]郑广华主编,植物栽培生理,山东科学技术出版社,218—216,1980。