

限水灌溉条件下冬小麦氮肥利用研究

李世娟 周殿玺 李建民 王璞

(中国农业大学作物学院)

摘要 大田试验研究了限水灌溉(于拔节、开花期各灌 $750 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$)条件下冬小麦对氮素的吸收利用。结果表明:在 $0 \sim 375 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 范围内,随氮肥用量加大,小麦产量提高,每平方米施 225 kg 纯氮的处理达到最高产量($6466.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$),在此基础上增施氮肥产量不再增加;氮素生理效率随氮肥量的递增而降低;限水灌溉下冬小麦对氮素的吸收集中在开花期以前,并且增加氮肥量降低了开花—成熟期的氮素吸收量;随着施氮量的增加,分配于营养器官的氮素比例增加,其中以叶片占的比例最大,而收获指数则随施氮量增加而降低。

关键词 冬小麦; 限水灌溉; 氮素; 吸收利用

分类号 S247; S143; S147

Study on Nitrogen Distribution and Utilization in Winter Wheat under Water-Saving

Li Shijuan Zhou Dianxi Li Jianmin Wang Pu

(College of Crop Sciences, CAU)

Abstract Field experiment has been conducted to illuminate nitrogen absorption and utilization in winter wheat under water-saving. The results show that with the increase of N application the yield increased also and the highest yield $6466.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ were obtained with $225 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ N application; NPE decreased with the N increasing, and more N absorbed by winter wheat was distributed in nutrition organs aboveground plant, in which leaf had the highest ratio. At the same time the harvest index declined in turn.

Key words winter wheat; water-saving; nitrogen; absorption and utilization

农业是用水大户,小麦又是农业用水的大户。水资源紧缺严重影响着我国旱区农业的持续发展(我国旱区面积约占总国土面积的74%),进行节水栽培提高旱区冬小麦产量是我国粮食生产的一个重要课题,前人对节水灌溉已进行了大量研究^[1]。水分和养分是农业生产中两个紧密相连的因素,作物对养分的吸收、运转和利用都依赖于土壤水分,土壤的水分状况在很大程度上决定着肥料的合理用量。充分灌水条件下冬小麦的营养吸收特性已有大量研究^[2,3],但关于冬小麦限水灌溉下肥料的吸收、运转及合理的肥料运筹尚不清楚。我们在大田中进行了限水灌溉下不同氮肥用量试验,研究限水灌溉对冬小麦氮素分配利用及产量的影响,为节水灌溉下氮肥的合理使用提供理论依据。

收稿日期: 2000-01-18

国家自然科学基金资助项目(39570437)

李世娟,北京海淀区圆明园西路2号中国农业大学(西校区),100094

1 材料与方法

1.1 实验地点及处理

本实验于1997~1998年度在河北省吴桥县姚庄实验站进行。供试土壤为壤质底粘潮土,地下水位6~9m,0~20cm土壤养分为全氮0.56%,有机质1.01%,碱解氮 $65.2\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,有效磷 $7.48\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,速效钾 $74.86\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。小区面积 40 m^2 ,3次重复,随机排列。供试冬小麦品种为76选系,10-11播种,基本苗 $645\text{ 万}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。实验设计设6个氮肥处理,施纯N量分别为 $(\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2})$ 0(N0),75(N75),150(N150),225(N225),300(N300),375(N375)。氮肥的配比为基肥50%,拔节期追施50%。有机肥($11\ 250\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,养分含量为有机质10.95%、全氮0.65%、全磷0.77%、全钾1.05%)、磷肥(P_2O_5 $237.15\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)、钾肥(K_2O $81.09\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)量一致,均作底肥播前一次性施入。处理间灌水次数和灌水量一致,试验地播种前浇足底墒水,烘干法测定2m土体贮水量为590.4mm。整个生育期内浇2水,浇水前后分别取土样至2m,烘干法测定土壤水分之差为灌水量。拔节期灌水50.8mm,开花期灌水30.4mm。小麦整个生育期间降雨144.3mm,主要集中在2,3,5月份。

1.2 实验方法

于小麦主要生育时期取植株样段(0.5m),按分蘖多少分等级后,依比例取10株麦苗,烘干后测定干物质重量,磨碎后备测养分;采用土钻法测定各层次土壤含水量。收获后常规考种,各小区单收计算产量及经济系数;植株干样全氮分析用凯氏定氮法。

各生育时期的吸氮量= 植株含氮率 × 干物重,

耗水量= 播种前2m土体贮水量- 收获后的2m土体贮水量+ 小麦生育期间的降雨量+ 灌水量,

理论产量= 穗数 × 穗粒数 × 千粒重。

2 结果与分析

2.1 氮肥施用量对产量、水分利用率及氮素生理效率的影响

由表1可以看出,小麦产量随氮肥用量的加大而提高,N225处理达最高产量 $6\ 466.5\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,超过这一施肥量,产量下降,理论产量与实际产量变化趋势相同。显著性检验结果表明:各处理间穗数无显著差异;不施肥处理的产量与千粒重与施肥处理差异达极显著,而施肥水平间无显著差异;N0,N75处理的穗粒数与其余施肥水平间存在极显著差异。

仔细分析产量构成因素如下:由于节水技术采取晚播措施,小麦基本依靠主茎成穗,各处理间穗数相差不大;N0(对照)和N75两处理肥力较低,植株生长偏弱,影响小花的结实率,穗粒数减少,而N150以后各处理穗粒数变化不大;本试验限水灌溉下不同氮肥量对千粒重影响最大,随氮肥量递增,千粒重大体呈下降趋势,这是由于氮肥量越高的处理,氮素在营养器官尤其叶片中的比例越高,导致成熟前物质的转移不充分,干物质滞留于营养器官增加(图1)。N0和N75处理因为穗粒数较少(即库少),并且开花以后物质转移比较充分,所以千粒重最高。

表 1 不同氮肥处理的产量结果

处理	穗数 /万·hm ⁻²	穗粒数	千粒重 m/g	理论产量 /kg·hm ⁻²	实产 /kg·hm ⁻²
N 0	528 0	19 4 ^{**}	39 7 ^{**}	4 066 6	3 376 5 ^{**}
N 75	564 0	22 5 ^{**}	40 7 [*]	5 164 8	5 188 5
N 150	565 5	30 3	38 4	6 579 7	6 367 5
N 225	567 0	30 6	38 8	6 731 9	6 466 5
N 300	562 5	30 8	37 9	6 566 2	6 235 5
N 375	561 0	30 8	37 7	6 514 1	6 063 0

* 表示在 0.05 概率水平上存在显著差异, ** 表示在 0.01 概率水平上存在极显著差异。

水分和养分相互影响、相互制约,土壤水分制约着肥效的发挥,反之肥料也会影响水分利用率的提高。从表 2 中各处理耗水情况看出,随施氮肥量的提高,每平方米耗水量有递增的趋势,按照氮肥量递增顺序,后一施肥量的耗水量比前一施肥量分别增加 4.7%, 8.3%, 2.2%, - 2.6% 和 2.9%, 各处理的耗水量并无显著差异。随施肥量递增各处理水分利用率依次为 (kg·mm⁻¹): 0.708, 1.039, 1.178, 1.171, 1.159, 1.095, 不施肥处理与施肥处理的水分利用率达极显著差异,而各施肥水平间没有显著差异。水分利用效率以 N 150 处理最高,此后随氮肥量增加而逐渐降低: N 375 处理的水分利用率比 N 150 处理降低了 5%, 比 N 225 处理降低了 4.4%。可见本实验限水灌溉下 225 kg·hm⁻² 纯氮即可达到较高的水分利用率,氮肥量过高或者过低都会降低小麦对水分的利用效率。

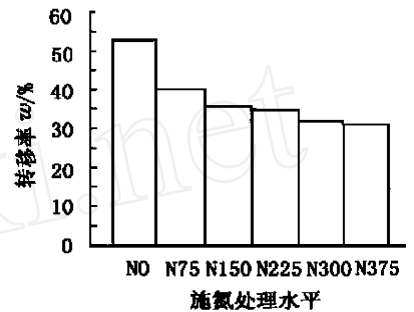


图 1 开花后叶片中营养物质的转移率

氮肥当季利用率表示小麦植株吸收当季肥料氮的能力,它体现了整株小麦吸收肥料氮的多少,然而并不能体现出所吸收氮的利用情况,如果吸收的肥料氮量很高,成熟时大部分却滞留在茎、叶等营养器官,一般是不会高产的。我们的最终目标是产量,所以要评价作物对氮素的吸收利用能力的高低,应该将氮素利用率和产量结合起来,也就是评价氮素生理效率的高低,即吸收的氮素形成产量的能力,氮素生理效率越高,说明小麦利用氮素更为经济有效。结果表明:随氮肥量的增加,氮素生理效率呈下降趋势, N 0 和 N 75 两处理因施氮量较低,所以 N PE (氮素生理效率) 较高, N 150 处理以后下降缓慢(表 2)。这说明本试验条件下,随氮肥量提高,小麦形成产量的能力降低,对氮肥的利用越不经济。

2.2 限水灌溉下不同处理的氮素吸收利用及分配

2.2.1 小麦整株含氮率的变化动态

在小麦植株拔节—成熟期间,植株含氮率以拔节期最高,此后由于干物重的增长速度大于吸氮量增长速度,植株含氮率随生育进程的推进而逐渐降低。施氮量对植株含氮率的影响因生育时期不同而有差异(图 2)。孕穗期以前,整株含氮率随氮肥量增加而提高,到了开花期 N 375 处理的含氮率却低于前面的氮肥水平,到成熟期 N 300 和 N 375 处理整株含氮率均低于 N 225 处理。这种高氮处理出现低含氮率的原因,可能是由于孕穗以后高氮处理田间郁蔽较严重,从而影响了植株的氮素吸收。

表2 不同氮肥处理的水分利用效率和氮素生理效率

处理	吸氮量 $/\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$	产量 $/\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$	生理效率 $/\text{kg}\cdot\text{kg}^{-1}(\text{N})$	耗水量 $/\text{mm}\cdot\text{hm}^{-2}$	水分利用率 $/\text{kg}\cdot\text{mm}^{-1}$
N0	60	3 376.5	56.28	4 767	0.708 ^{**}
N75	111	5 188.5	46.74	4 992	1.039
N150	147.2	6 367.5	43.26	5 405	1.178
N225	164.0	6 466.5	39.43	5 523	1.171
N300	150.3	6 235.5	41.49	5 382	1.159
N375	148.2	6 063.0	40.91	5 537	1.095

** 同表1。

2.2.2 限水灌溉对不同处理的氮素吸收和分配的影响 从表2可知,氮肥量较低时植株吸氮量随氮肥用量的增加而增加,N225处理吸氮量最高($164.0\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$),产量也达最高 $6\,466.5\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,此后再增加氮肥量,植株吸氮量和产量反而下降,可见在本实验肥料运筹下,过高或过低的氮肥用量都不利于小麦对氮素的吸收,限水灌溉条件下施氮量与小麦吸氮量并非成一简单的直线相关关系,盲目增施氮肥不一定能提高产量。

从不同生育阶段植株地上部对氮素的吸收量来看,限水灌溉下小麦吸收氮素的时间集中在生育前期,不同氮肥处理的趋势是一致的,将各处理阶段吸氮量平均后可以看出:播种—拔节期吸收了全生育期39.34%的氮素,拔节—开花期比例为50.11%,开花—成熟期比例为10.55%。这一吸收比例符合高产小麦氮素吸收特点^[9]。由图3可以看出,孕穗以前同一生育阶段内,增加氮肥量使此阶段的吸氮比例提高,孕穗期以后尤其是开花—成熟阶段,此部分吸氮量所占的比例随氮肥量的增加而降低。

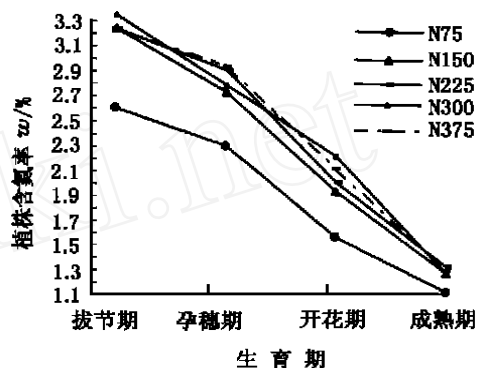


图2 不同氮肥处理植株含氮率变化

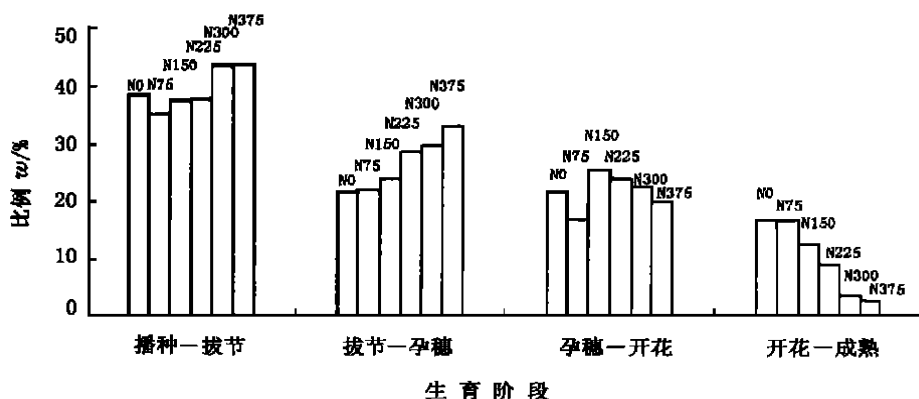


图3 不同氮肥处理阶段吸氮量占总吸氮量的比例

水分亏缺可以改变氮素在植株体内的分配模式, 氮素的分配方向因作物而异, 不同的研究人员对氮素分配问题也表述不一, 主要是与实验条件和材料方法有关。陈清等人报道在最适施氮水平下, 籽粒吸收氮素最多, 而在超量施氮水平下, 茎秆对氮素的吸收最高^[8]。从本试验各器官的氮肥累积量看, 籽粒最高, 叶片次之, 其余 3 者(叶鞘、颖壳)相差不大。不同处理各器官氮素累积量的变化趋势与植株总吸氮量大致相似, 即随氮肥量递增, 各器官氮素累积量逐渐增加, 施氮量超过 N 225 处理以后稍有下降。从表 3 的结果来看, 氮素收获指数随氮肥用量的提高而呈下降趋势, 分配于茎秆等营养器官的比例随氮肥用量的加大而提高, 在营养器官中叶片中的氮肥分布占有较大比例。可见限水灌溉下氮肥用量不适宜, 会引起氮素向籽粒转移率的降低。

表 3 不同氮肥处理各器官的氮素分布

w / %

处理	叶片	叶鞘	茎秆	穗轴	籽粒
N 0	7.12	3.38	7.19	5.80	76.51
N 75	7.8	4.2	4.68	5.34	77.98
N 150	9.39	5.17	5.49	4.86	75.09
N 225	11.42	5.73	6.02	4.92	71.91
N 300	11.70	6.38	6.14	5.29	70.49
N 375	11.77	6.93	6.17	4.68	70.45

3 结论

3.1 关于限水灌溉下的肥料吸收

土壤水分和养分之间存在一定的交互作用, 大田生产中这一作用复杂多变, 加之实验条件的不同, 导致研究结果间存在较大差异^[4~6], 但都认为对应灌水量应该有一个适宜的施肥量, 施肥过高或过低都不利于产量和肥水利用率的提高。这和本实验的观点一致。限水灌溉下, N 225 处理即可以达到最高产量, 在这一基础上增加氮肥产量不再增加。

然而从经济效益看, 以 0.80 元·kg⁻¹小麦及 1.35 元·kg⁻¹涂层尿素计算, 氮肥量由 150 kg·hm⁻²增加到 225 kg·hm⁻²时, 氮肥投入资本提高了 220 元·hm⁻², 而产量仅提高 99 kg·hm⁻², 产出效益为 79.2 元·hm⁻², 从经济上讲这是极不合算的, 所以以 150 kg·hm⁻²的氮肥量较为适宜。

本实验播种前灌足底墒水, 生育期间又灌水 2 次, 在播种—开花期间并未出现水分胁迫现象。而开花以后土壤上层含水量较低, 从而影响了氮肥的吸收。实验结果表明, 小麦于拔节前吸收了一生累积氮的 39.34%, 开花以后的吸收量仅占 10.55%, 并且存在施氮量越高, 开花后氮素吸收量越低的趋势, 这与以往充分灌溉条件下的研究结果有较大差异^[10]。关于限水灌溉下氮素去向及氮肥运筹问题是当前亟待解决的课题, 我们正在研究中。

3.2 关于小麦不同器官的氮素分配

氮素在小麦各器官中的分配比例受水分条件的影响很大, 有人认为水分亏缺使氮素优先供应根部, 也有向叶片等部位分配增加的报道, 石岩等结果表明土壤水分胁迫有利于氮素向籽粒的转移, 水分过多则较多分配于茎、叶、鞘等营养器官^[7]。本实验限水灌溉下, 随氮肥量递增, 氮素分配于籽粒的比例降低, 营养器官中的比例增大, 依次为叶片 > 叶鞘 > 茎秆。

参 考 文 献

- 1 兰林旺,周殿玺 小麦节水高产研究. 北京:北京农业大学出版社,1995
- 2 张继林,孙元敏,郭绍铮,等 高效小麦营养生理特性与高效施肥技术研究. 中国农业科学,1988,21(4):39~45
- 3 黄德明,俞仲林,朱德锋,等 淮北地区高产小麦植株吸氮及土壤供氮特性. 中国农业科学,1988,21(5):59~65
- 4 王小彬,高绪科,蔡典雄 旱地农田水肥相互作用的研究. 干旱地区农业研究,1993,11(3):6~12
- 5 苗果园,尹钧,高志强,等 旱地小麦降水年型与氮素供应对产量的互作效应与土壤水分动态的研究. 作物学报,1997,23(3):263~271
- 6 介晓磊,韩燕来,谭金芳,等 不同肥力麦田水氮交互效应与耦合模式研究. 作物学报,1998,24(6):963~970
- 7 石岩,余振文,位东斌,等 土壤水分胁迫对冬小麦氮素分配利用及产量的影响. 核农学报,1999,13(1):27~33
- 8 赵广才,张宝明,王崇义 应用 ^{15}N 研究小麦各部位氮素分配利用及施肥效应. 作物学报,1998,24(6):855~858
- 9 韩燕来,介晓磊,谭金芳,等 超高产冬小麦氮磷钾吸收、分配与运转规律的研究. 作物学报,1998,24(6):908~915
- 10 山东农业大学,莱阳农学院编著 作物栽培学. 北京:农业出版社,1992,38~40