

半湿润农田杂草及施氮对夏玉米产量及氮素利用的影响

范亚宁^{1,2}, 李世清^{1,2*}, 李生秀²

(1 西北农林科技大学、中国科学院水利部水土保持研究所黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室, 陕西杨凌 712100; 2 西北农林科技大学资源环境学院, 陕西杨凌 712100)

摘要:以土垫旱耕人为土为供试土壤,采用大田试验,研究了半湿润农田两种杂草处理方式下(成熟后期清除杂草-A区和苗期开始清除杂草-B区)不同施氮量对夏玉米产量及氮素利用效率的影响。结果表明,当施氮量为0、45、90、135、180 kg/hm²时,B区玉米子粒产量比A区分别增加了8.7%、12.1%、9.4%、5.0%和12.5%;吸氮量分别增加了1.5、2.9、4.8、5.2和4.3 kg/hm²。A区和B区全生育期0—100 cm土层矿质氮(N_{min})累积量变化趋势基本一致,但B区比A区变幅较大。当施氮量为45、90、135和180 kg/hm²时,B区氮肥利用率、氮肥农学利用率、氮肥生理利用率均高于A区。研究还发现,在A区,当施氮量为180 kg/hm²时,杂草干生物量最大,为1518.3 kg/hm²,不施氮时,杂草的生物量最低,为845.7 kg/hm²;杂草的吸氮量随施氮量的增加而增加。可见,清除玉米农田杂草不仅可以提高作物产量和氮肥利用率,而且在减少氮素损失方面具有一定作用。

关键词:杂草;施氮;夏玉米;氮素利用

中图分类号:S513.062;S513.053

文献标识码:A

文章编号:1008-505X(2008)02-0252-06

Effect of weed and nitrogen application on grain yield of summer maize and nitrogen use in semi-moist field

FAN Ya-ning^{1,2}, LI Shi-qing^{1,2*}, LI Sheng-xiu²

(State Key Laboratory of Soil Erosion and Dry Land Farming on Loess Plateau, Northwest A & F University, Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Science and Ministry of Water Resource, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2 College of Resources and Environmental Sciences, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: A field experiment was carried out using loess soil to study the effect of different N rates on grain yield and nitrogen use efficiency as affected by two different weed treatments [weed removed at harvesting stage (Area A) and at seedling stage (Area B)]. The result showed that grain yield in Area B increase by 8.7%, 12.1%, 9.4%, 5.0% and 12.5% than grain yield in Area A for N rates of 0, 45, 90, 135 and 180 kg/ha, respectively. Total N uptake in Area B increased over Area A by 1.5, 2.9, 4.8, 5.2 and 4.3 kg/ha, respectively. Across the whole growing stage, the change trends of organic nitrogen and accumulative mineral nitrogen in Area A and B were similar, however, the range of N_{min} change in Area B was higher than Area A. Nitrogen use efficiency (NUE), N agronomic efficiency (NAE) and N physiological efficiency (NPE) in Area B were higher than those in Area A at different N rates. The result also showed that in Area A weed dry matter was largest when N rate was 180 kg/ha, which was 1518.3 kg/ha, and weed dry matter was lowest without N application, which was 845.7 kg/ha. The weed N uptake increased with N rate. Removing weed from field could increase maize grain yield, improve NUE and decrease nitrogen loss.

Key words: weed; nitrogen application; summer maize; nitrogen use

收稿日期:2007-03-19 接受日期:2007-06-06

基金项目:国家自然科学基金(30571116,30670326)资助。

作者简介:范亚宁(1979—),女,陕西扶风人,博士研究生,主要从事植物营养生理生态的科研工作。E-mail: ynf2411@126.com

* 通讯作者 Tel: 029-87016171, E-mail: sqli@ms.iswc.ac.cn

大量应用氮肥促进了作物产量大幅度提高,也引起了一系列严重问题,氮肥效率不高已引起人们普遍关注。施入土壤中的氮大约有 35% 通过淋洗、反硝化和氨挥发等途径被损失^[1-2]。在半湿润农田生态系统石灰性土壤中,施入的氮肥和有机氮矿化产物除被植物吸收、微生物固定、粘土矿物固定、挥发损失和反硝化损失外,还有相当一部分最终以 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 形态残留土壤中^[3-5]。Wedin 和 Tilman^[6] 研究表明,土壤剖面中 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的大量累积,会促进 C3 和 C4 植物种群竞争,影响植物多样性。相反,由于不同植物种群生长、根系分布及其对 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 吸收利用能力等方面的差异,植物多样性和种群组成也强烈影响土壤剖面中 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的累积及淋溶损失^[7];随着植物多样性丰富度增加,土壤剖面中 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 累积量及淋溶损失相应减少^[6,8]。在农田生态系统中,植物除农作物外,还存在大量杂草,后者是农田生态系统中重要的组成部分,农田杂草强烈受农业栽培管理措施的影响。国内外在施肥对杂草的影响方面已开展了大量相关研究^[9-11],但重点集中在施肥对杂草多样性的影响方面,而对杂草对作物产量的影响以及所引起的作物氮素利用率等影响方面的研究较少。半湿润区夏玉米生长期雨水较多,杂草大量滋生,生长较快,影响农田生态系统中作物的生长。因此,开展了半湿润区杂草及不同施氮水平对夏玉米产量、吸氮量及氮素利用率影响的研究,以期对农田生态系统杂草及氮素养分资源管理提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验在西北农林科技大学土壤肥料试验站进行。该试验站位于黄土高原南部旱作区,属于渭河三级阶地,海拔 520 m 左右。属大陆性季风气候,年均降水量 632 mm,分布不均,主要集中在 7、8、9 三个月,冬春易旱,年均气温 12.9℃,年蒸发量 1400 mm,地下水深大于 60 m,属半湿润易旱地区。作物轮作方式主要为冬小麦/夏玉米。供试土壤为中等肥力土垫旱耕人为土(表 1),其剖面层次大体可划分为耕层(0—20 cm)、粘化层(20—60 cm)和母质层(60—200 cm)。

定位试验从 2005 年 10 月冬小麦季开始,冬小麦收获后在原小区以相同的试验处理进行夏玉米试验。试验为裂区设计,氮肥处理为主区,杂草处理为副区。杂草处理设 2 种方式:成熟后期清除杂草(以

表 1 试验地土壤基本性状

Table 1 Properties of soil used in this experiment

土层 Layer (cm)	有机质 OM (g/kg)	全氮 Tot. N (g/kg)	$\text{NH}_4^+ - \text{N}$ (mg/kg)	$\text{NO}_3^- - \text{N}$ (mg/kg)	有效磷 Avail. P (mg/kg)
0—20	13.79	0.78	12.69	7.10	11.70
20—40	11.43	0.74	10.67	5.66	9.73
40—60	8.00	0.56	11.00	4.35	5.48
60—80	7.36	0.58	9.97	3.96	6.87
80—100	6.69	0.33	10.44	6.75	9.05

下称 A 区);从拔节期开始清除杂草,其后保持田间无杂草(以下称 B 区)。施肥处理设 5 个施氮水平,即在施磷的基础上施氮(N)、45、90、135 和 180 kg/hm²,在夏玉米三叶期各处理施 1/3 氮肥,2/3 的氮肥在小喇叭口期追施。磷肥(过磷酸钙)用量为 100 kg/hm²,作为基肥一次性施入。氮肥以尿素(含氮 46%)为氮源,磷肥以含 P₂O₅ 为 12% 的过磷酸钙为磷源。试验设 3 次重复,共 30 个小区,小区面积为 6 m²。本季田间试验指示作物品种为夏玉米沈单 10 号;于 2006 年 6 月 10 日播种,2006 年 10 月 8 日收获,全生育期为 120 d。夏玉米整个生育期间降水量为 480 mm,占全年降水量的 70% 以上,未进行灌溉。

1.2 样品采集与分析

分别于播前、拔节期、喇叭口期、灌浆期和收获后,每小区按 0—20、20—40、40—60、60—80 和 80—100 cm 分 5 个层次采集土样,以测定土壤矿质氮含量。新鲜土样按照采样点装袋,冰柜保存。测定时,待新鲜土样解冻,过 2 mm 筛,充分混匀后准确称取 10 g 左右放入铝盒中于 105℃ 下烘干测定土壤水分含量(即烘干法);准确称取 10 g 左右鲜土装入塑料瓶中,加入 1 mol/mL 的 KCL 溶液 50 mL 振荡 1 h 后过滤,用连续流动分析仪测定浸提液中的硝、铵态氮含量。

玉米成熟后,按区收获。称量每小区植株全部茎叶及果穗鲜重,然后取具有代表性植株茎叶称量鲜重,按大小不同选取鲜果穗样品,分为子粒、芯和苞叶称鲜重,然后将鲜样于 105℃ 杀青 0.5 h,于 80℃ 烘干后称干重。根据每区植物样鲜重、样品鲜重及干重确定单位面积生物量及子粒产量等。子粒、芯和茎叶(包括苞叶)烘干后粉碎,用 H₂SO₄(浓) - H₂O₂ 消煮,自动定氮仪测定各部位全氮含量。

在玉米成熟后期以小区为单位采集 A 区杂草,记录各小区杂草种数,称量每种杂草鲜重,并对每种

杂草取部分烘干以确定其干重和全氮含量,杂草全氮含量的测定方法同玉米全氮的测定方法。

1.3 计算方法

氮肥利用率是指作物地上部分从肥料中吸收的氮量占施氮量的百分数,它的大小可以反映氮肥的利用程度:

氮肥利用率(NRE)(%)=(施氮区吸氮量-不施氮区吸氮量)/施氮量×100;

氮肥生理利用率是指施氮后增加的单位吸氮量所增加的产量,它的大小可以评价因施氮增加的吸氮量转化为产量或干物质的效率,是土壤氮和肥料氮共同作用的结果:

氮肥生理利用率(NPE)=(施氮区的产量-对照区的产量)/吸氮量;

氮肥农学利用率是指单位施氮量增加的产量,它的大小可以进行评价氮肥的增产效果:

氮肥农学利用率(NAE)=(施氮区的产量-对照区的产量)/施氮量;

土壤剖面中每土层矿质氮累积量(N_{min})按下式计算:

各土层硝态氮/铵态氮累积量(N kg/hm²)=d×pb×C

式中d为土层厚度20cm;pb为土壤容重,C为土壤中硝态氮或者铵态氮含量,单位为N mg/kg。

将各土层硝态氮或铵态氮相加,可计算其累积量,矿质氮累积量为硝态氮和铵态氮累积量之和。经测定,0—20 cm土层容重为1.25 g/cm³,下层容重约为1.30 g/cm³。

试验数据均采用Excel进行处理,方差分析采用SAS6.12程序进行差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 杂草及施氮对玉米产量和吸氮量的影响

两种杂草处理方式下夏玉米产量和吸氮量的比较分析(表2)可以看出,A区子粒产量(烘干重)在3352.0~4584.1 kg/hm²之间,B区子粒产量在3644.4~5154.9 kg/hm²之间;两种杂草处理方式下子粒产量均随施氮量增加而增加,但B区子粒产量在同等施氮水平下高于A区。A区子粒产量(y)与施氮量(x)间的回归方程为y=6.84x+3482.1,R²=0.9(P<0.05),即施氮量每增加1kg,子粒产量增加6.84 kg/hm²;B区子粒产量(y)与施氮量(x)回归方程为y=7.55x+3808.5,R²=0.9(P<0.05),即施氮量每增加1 kg,子粒产量增加7.55 kg/hm²。

表2 两种杂草处理方式下施氮对夏玉米产量及吸氮量影响(kg/hm²)

Table 2 Effect of nitrogen application on summer maize yield and N uptake as affected by two different weed treatments

处理 Treatment	A区 Area A			B区 Area B		
	子粒产量 Grain yield	秸秆产量 Straw yield	吸氮量 N uptake	子粒产量 Grain yield	秸秆产量 Straw yield	吸氮量 N uptake
N0	3352.0 b	5858.0 a	106.5 b	3644.4 b	6508.9 a	108.0 b
N45	3833.6 ab	6685.6 a	116.3 b	4296.6 ab	7440.9 a	119.2 b
N90	4271.2 a	7077.5 a	127.6 ba	4671.1 a	7452.2 a	132.5 ab
N135	4448.2 a	7225.9 a	140.7 a	4671.1 a	7478.3 a	145.9 a
N180	4584.1 a	7297.8 a	150.0 a	5154.9 a	7650.9 a	154.3 a

注(Notes):同列不同字母差异达5%的显著水平 Different letters in the same line mean significant at 5% levels.

方差分析显示,在两种杂草处理方式下,施氮量为90~180 kg/hm²时,夏玉米子粒产量与不施氮区和施氮量为45 kg/hm²时差异达5%显著水平,施氮和不施氮小区玉米秸秆产量(烘干重)差异未达到5%显著水平;A区的秸秆产量低于同等施氮量下B区秸秆产量。A区和B区吸氮量均随着施氮量增加而增加,当施氮量大于90 kg/hm²时,吸氮量与未施氮区和施氮量为45 kg/hm²时吸氮量的差异达到5%显著水平。

根据表2数据计算,当施氮量为0、45、90、135、

180 kg/hm²,B区子粒产量比A区分别增加了292.3、463.0、399.9、223.0和570.8 kg/hm²,相应增产率分别为8.7%、12.1%、9.4%、5.0%和12.5%,且以施氮量为180 kg/hm²时增产率最高。可见,清除农田杂草有利于提高玉米产量,减少氮素损失。

2.2 两种杂草处理方式下施氮对夏玉米氮效率的影响

氮效率分别可用氮肥利用率、氮肥农学利用率和氮肥生理利用率等指标表示。图1可以看出,在同等施氮水平下,B区氮肥利用率始终高于A区,施

氮量在 45~135 kg/hm² 时, 氮肥利用率随施氮量增加而增加, 施氮量为 135 kg/hm² 时, A 区和 B 区的氮肥利用率最高, 分别为 25% 和 28%; 当施氮量大于 135 kg/hm² 时, 氮肥利用率均有所下降。在同等施氮水平下, B 区氮肥农学利用率高于 A 区, 但氮肥农学利用率均随施氮量的增加而下降; 当施氮量为 180 kg/hm² 时, A 区和 B 区的氮肥农学利用率最低,

分别为 6% 和 8%。在同等施氮水平下, B 区氮肥生理利用率高于 A 区, 且均随着施氮量的增加而增加。两种杂草处理方式下, B 区的氮肥利用率、氮肥农学利用率和氮肥生理利用率始终大于 A 区, 表明在没有杂草对氮素营养竞争情况下, B 区土壤中有更多的肥料氮发挥其增产效果, 以增加作物产量。

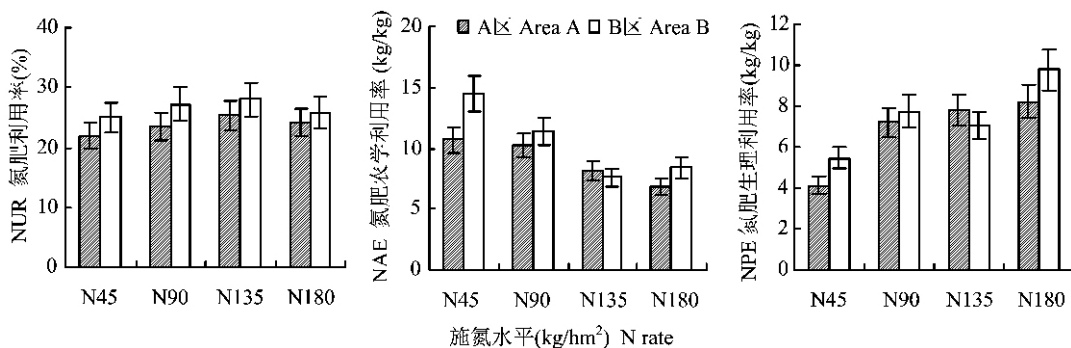


图 1 两种杂草处理方式下夏玉米的氮效率

Fig.1 Summer maize nitrogen efficiency as affected by two different weed treatments

2.3 两种杂草处理方式下土壤矿质氮的变化

氮肥施入土壤后, 除被作物吸收利用及以各种途径损失外, 部分以矿质的形态残留于土壤剖面中。土壤矿质氮主要包括 NO₃⁻-N 和 NH₄⁺-N, 由于施肥 1~2 周后, 土壤中的 NH₄⁺-N 含量相对稳定, 因而整个生育期矿质氮的变化主要受 NO₃⁻-N 影响^[12]。土壤矿质氮动态监测结果(图 2)表明, 土壤剖面中矿质氮累积量在各个生育期变化较大, 这主要与施氮时期及作物对氮素的吸收利用特点有关。受前茬小麦施氮及杂草处理方式的影响, A 区和 B 区土壤起始矿质氮累积量存在一定差异, 在玉米全生育期, 两种杂草处

理方式下, 土壤剖面矿质氮累积量呈现大致相同的变化趋势。在 A 区, 施氮量为 180 kg/hm² 时, 矿质氮累积量相对高于其它施氮处理; 在 B 区, 施氮量为 180 kg/hm² 时, 除喇叭口期, 矿质氮累积量(116.42 kg/hm²) 低于其它施氮量处理, 在其它各生育期则高于其它施氮处理。在玉米三叶期施 1/3 氮肥后, 土壤中矿质氮累积量逐渐增加, 在喇叭口期施 2/3 氮肥后, A 区和 B 区矿质氮累积量达到最大。而从播种前到喇叭口期, A 区矿质氮累积量增加幅度比 B 区缓慢, 此后, 随着雌雄穗的分化, 作物对土壤氮的消耗增加, 土壤中矿质氮累积量急剧下降。

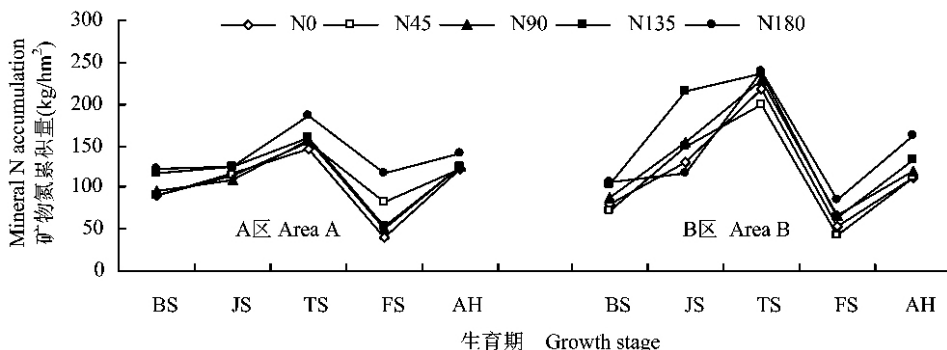


图 2 两种杂草处理方式下施氮对 0—100 cm 土壤矿质氮动态影响

Fig.2 Dynamic changes of mineral nitrogen accumulation of two different weed treatments at 0—100cm soil depth

(BS—播前 Before sowing; JS—拔节期 Jointing stage; TS—喇叭口期 Trumpeting stage; FS—灌浆期 Filling stage; AH—收获后 After harvest)

随着作物对氮素需求量的下降,土壤矿质氮累积量又呈现增加趋势,这显然与后期土壤有机氮继续矿化、而作物吸氮量减少有关,说明土壤中矿质氮的动态变化与作物整个生育阶段对氮素需求量密切相关。但是,玉米整个生育期,A区由于作物和杂草共同竞争土壤氮素,土壤中矿质氮变化趋势没有B区明显。在喇叭口期,各种处理间无机氮的累积达到峰值,随着植物对养分的需求增大,两种杂草处理方式下,矿质氮的累积又趋于一致。

2.4 成熟期 A 区杂草的生物量及杂草吸氮量

据调查玉米成熟后期在 A 区共发现马唐(*Digitaria sanguinalis* Linn. Scop.)、稗(*Echinochloa crusgalli* L. Beauv.)、狗尾草(*Setaria viridis* L. Beauv.)、灰绿藜(*Chenopodium glaucum* L.)、草(*Humulus scandens* Lour. Merr.)、香附子(*Cyperus rotundus* L.) 6 种杂草。图 3 看出,不施氮时,杂草的生物量为 845.7 kg/hm²,吸氮量为 13.6 kg/hm²;当施氮量为 180 kg/hm²时,杂草的生物量为 1518.3 kg/hm²,吸氮量为 31.5 kg/hm²;方差分析显示,施氮与未施氮杂草生物量和吸氮量未达到显著相关。在夏玉米生长过程中,加之雨水较充足,杂草大量滋生,与玉米争夺养分、水分、阳光和生长空间而最终影响玉米的产量和品质,因此夏玉米田管理中要考虑清除杂草。

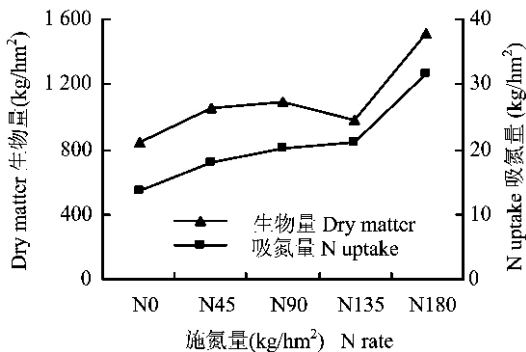


图 3 不同施氮量下杂草生物量及杂草吸氮量

Fig.3 Weeds dry matter and N uptake with different N rate

3 讨论

杂草作为农田生态系统的组成成分,它们的存在是长期适应气候、土壤、耕作制度及社会因素与栽培作物竞争的结果^[13]。农田杂草与作物之间存在对光照、养分与水分等资源的竞争,是导致作物减产的重要因素之一。李永丰等^[14]研究发现,小麦产量损失率随着小麦出苗后有草天数的延长而增加,随小麦出苗后无草天数的增加而减少;徐淑霞等^[15]

研究表明,玉米与杂草的共生对玉米产量的影响主要是减少百粒重,随着玉米与杂草共生期的延长,玉米减产损失有加重的趋势。在作物生长初期,由于杂草幼小,植株矮、叶片数少,不能形成郁闭,故与作物不能产生竞争;其后随着生物量和叶片数增加,开始与作物产生竞争,这种竞争的结果使得作物减产。本研究中,A区和B区作物子粒产量均随施氮量增加而增加,施氮与不施氮之间子粒产量差异达5%显著水平;但在相同施氮水平下,B区子粒产量高于A区。A区和B区作物吸氮量也有相同的变化趋势,相同施氮水平下,B区吸氮量高于A区。作物产量和吸氮量的不同说明杂草与作物共同竞争养分,杂草在农田中的作用就如所谓的“蝴蝶效应”,初始条件的极小偏差,将会引起结果的极大差异,而这种差异反映在经济效应上就是作物产量的差异。本研究结果表明,同等施氮量下,A区的子粒产量比B区分别减少292.3、463.0、399.9、223.0和570.8 kg/hm²,减产率分别为8.7%、12.1%、9.4%、5.0%和12.5%,当施氮量为180 kg/hm²时,减产率最高。

本试验中,在同等施氮量下,B区的氮肥利用率、氮肥农学利用率和氮肥生理利用率均高于A区。当施氮量 ≤ 135 kg/hm²时,A区和B区氮肥利用率均随着施氮量增加而增加; ≥ 135 kg/hm²时,A区和B区氮肥利用率均出现降低趋势;这与过去的研究结果基本一致^[16-17]。以前大量研究发现,在特定的试验条件下,当施氮量高于某一值时,氮肥利用率随施氮量进一步增加而降低,这主要是因为氮肥的利用率受轮作制度、土壤条件、作物品种和气候条件等多种因素影响^[18-20];而加强田间杂草管理是提高氮肥利用率的途径之一^[21]。土壤养分是田间杂草生长的限制因子,它们的变化将相应地引起杂草生长水平及其与作物竞争能力的改变。在本试验中,当施氮量为180 kg/hm²时,A区的杂草生物量最高,为1518.30 kg/hm²;杂草的吸氮量也随着施氮量的增加而增加;而B区在没有杂草对氮素营养竞争情况下,土壤中有更多的肥料氮发挥增产效果,以提高作物对氮素的利用率。可见,清除农田杂草对提高氮素效率、补充氮库以及减少氮素损失有一定效果。

参考文献:

- [1] Delgado J A, Follett R J, Shaffer W J. Simulation of NO₃⁻-N dynamics for cropping systems with different rooting depths[J]. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 2000, 64: 1050-1054.

- [2] Semen V. Nitrogen in crop production : An account of global flow[J]. Glob. Biogeochem. Cycl. , 1997 , 25 : 647-662.
- [3] Ferguson R B , Herget G W , Penal E J *et al.* Nutrient management for agronomic crops in Nebraska[C]. Lincoln NE : University Nelwaska , 2000. 256-263.
- [4] 李世清 , 李生秀. 旱地农田生态系统氮肥利用率的评价[J]. 中国农业科学, 2000 , 33(1) : 76-81.
Li S Q , Li S X. Estimation of nitrogen fertilizer use efficiency in dry-land agroecosystem[J]. Sci. Agric. Sin. , 2000 , 33(1) : 76-81.
- [5] Macdonald A J , Poulton P R , Stookdalc E A *et al.* The fate of residual ¹⁵N - labelled fertilizer in arable soil : Its availability to subsequent crops and retention in soil[J]. Plant Soil , 2002 , 246 : 123-127.
- [6] Wedin D A , Tilman D. Influence of nitrogen loading and species composition on the carbon of grassland[J]. Science , 1996 , 274 : 1720-1723.
- [7] Levang - Brilze N , Biondini M E. Growth rate, root development and nutrient uptake of plant species from the great plains grassland , USA [J]. Intern. J. Dairy Techn. , 2003 , 16(1) : 117-144.
- [8] Scherer - Lorenzen M , Palmborg C , Prinz A *et al.* The role of plant diversity and composition for nitrate leaching in grasslands[J]. Ecology , 2003 , 84(6) : 1539-1552.
- [9] 尹力初 , 蔡祖聪. 长期不同施肥对玉米田间杂草生物多样性的影响[J]. 土壤通报, 2005 , 36(2) : 220-222.
Yi L C , Cai Z C. The effects of long- term different fertilization on the biodiversity of weeds in maize field[J]. Chin. J. Soil Sci. , 2005 , 36(2) : 220-222.
- [10] 尹力初 , 蔡祖聪. 长期定位施肥小麦田间杂草生物多样性的变化研究[J]. 中国生态农业学报, 2005 , 13(3) : 57-59.
Yi L C , Cai Z C. The change of the weed biodiversity in wheat field under a long-term located fertilization[J]. Chin. J. Eco - Agric. , 2005 , 13(3) : 57-59.
- [11] Stevenson F C , Anne L , Simard R R. Weed species diversity in spring barley varies with crop rotation and tillage , but not with nutrient source[J]. Weed Sci. , 1997 , 45 : 798-806.
- [12] 刘学军 , 巨晓棠 , 张福锁. 基施尿素对土壤剖面中无机氮动态的影响[J]. 中国农业大学学报, 2001 , (5) : 63-68.
Liu X J , Ju X T , Zhang F S. Effect of basal application of urea on inorganic nitrogen in soil profile[J]. J. China Agric. Univ. , 2001 , (5) : 63-68.
- [13] Donald M. Competition among crops and pasture plants[J]. Adv. Agron. , 1963 , 15 : 1-118.
- [14] 李永丰 , 娄群峰 , 李宜慰 , 等. 江苏省小麦田间杂草的生态经济防治阈期[J]. 江苏农业学报, 2001 , 17(4) : 219-222.
Li Y F , Lou Q F , Li Y W *et al.* Eco-economic critical period of weed control in wheat field of Jiangsu Province[J]. J. Jiangsu Agric. Sci. , 2001 , 17(4) : 219-222.
- [15] 徐淑霞 , 刘金荣 , 周青. 安阳市玉米田杂草发生规律及对产量的影响[J]. 作物杂志, 2005 , (5) : 33-34.
Xu S X , Liu J R , Zhou Q. Effect of maize field weed occurrence regularity to yield in Anyang city[J]. Crops , 2005 , (5) : 33-34.
- [16] 钟茜 , 巨晓棠 , 张福锁. 华北平原冬小麦/夏玉米轮作体系对氮素环境承受力分析[J]. 植物营养与肥料学报, 2006 , 12(3) : 285-293.
Zhong X , Ju X T , Zhang F S. Analysis of environmental endurance of winter wheat/summer maize rotation system to nitrogen in North China Plain[J]. Plant Nutr. Fert. Sci. , 2006 , 12(3) : 285-293.
- [17] 吴永成 , 周顺利 , 王志敏 , 等. 华北地区夏玉米土壤硝态氮的时空动态与残留[J]. 生态学报, 2005 , 25(7) : 1620-1625.
Wu Y C , Zhou S L , Wang Z M *et al.* Dynamics and residue of soil nitrate in summer maize field of North China[J]. Acta Ecol. Sin. , 2005 , 25(7) : 1620-1625.
- [18] 沈善敏. 长期土壤肥力试验的科学价值[J]. 植物营养与肥料学报, 1995 , 1(1) : 1-7.
Shen S M. Scientific values of long-term soil nutrient experiment[J]. Plant Nutr. Fert. Sci. , 1995 , 1(1) : 1-7.
- [19] 孙传范 , 曹卫星 , 戴廷波. 土壤-作物系统中氮肥利用率的研究进展[J]. 土壤, 2001 , 33(2) : 63-69.
Sun C F , Cao W X , Dai Y B. Progresses of research on nitrogen use efficiency in soil - plant system[J]. Soils , 2001 , 33(2) : 63-69.
- [20] Nissen T M , Wander M M. Managment and soil - quality effects on fertilizer - use efficiency and leading[J]. Soil Sci , Soc. Am. J. , 2003 , 67(5) : 1524-1532.
- [21] Ferreira F N , Matthee A C. Thomas. Biological control of *Eutypa lata* on grapevine by an antagonistic strain on *Bacillus subtilis*[J]. Phytopathology , 1991 , 81(3) : 283-287.