

降雨对施用两种尿素坡地氮素空间分布的影响^①

郭新送^{1,3}, 丁方军^{1,2,3*}, 陈士更^{1,3}, 洪丕征^{1,3}, 路艳艳^{1,3}

(1 土壤资源高效利用国家工程实验室, 山东泰安 271018; 2 山东农业大学资源与环境学院, 山东泰安 271018;

3 山东省腐植酸高效利用工程技术研究中心, 山东农大肥业科技有限公司, 山东泰安 271000)

摘 要: 采用自动模拟降雨系统, 设置恒定降雨强度, 在室内对施用普通尿素和树脂包膜控释尿素的土槽进行模拟降雨试验。通过模拟降雨试验, 比较研究了降雨对施用两种尿素的坡地氮素空间分布及氮素流失特征影响。研究表明: 树脂包膜控释尿素在棕壤、褐土及红壤坡地上施用, 均能显著减小降雨对坡地氮素空间分布的影响; 与普通尿素相比, 模拟降雨后, 树脂包膜控释尿素处理的 3 种类型土壤坡地氮素残余量变异系数为普通尿素的 14.08%~31.89%; 且树脂包膜控释尿素显著缩小了降雨对 3 种类型土壤坡地表层与下层氮素空间分布影响间的差异; 树脂包膜控释尿素在 3 种类型土壤坡地上施用均能减少降雨造成的氮素流失, 与普通尿素施用相比, 氮素流失分别减少了 7.32%~17.35% ($P<0.05$)、17.95%~24.24% ($P<0.05$)、72.45%~78.84% ($P<0.01$); 同时, 树脂包膜控释尿素还能减小降雨造成的坡地表层与下层氮素流失量间的差异, 下层坡面氮素损失量仅比表层增加 1.63%~5.02%。因此, 降雨条件下, 在坡地上施用树脂包膜尿素有利于控制氮素的分布失衡及流失。

关键词: 模拟降雨; 3 种类型土壤; 树脂包膜控释尿素; 空间分布; 氮素流失

中图分类号: S153; S157.1

我国丘陵类地形幅员辽阔, 降雨不仅对坡地养分流失的影响非常大, 而且还会引起坡地土壤养分分布失衡^[1]。坡地土壤养分空间分布失衡, 一方面导致坡地土壤地力水平不均匀, 作物长势差异明显; 另一方面还会导致农民施肥困难。坡地土壤氮、磷、钾中, 降雨对氮素空间分布影响最大^[2]。故如何减小降雨对坡地氮素空间分布的影响成为当前国内学者共同关注的热点问题之一。

土壤中外源氮素的引入主要是尿素的施用, 尿素施入土壤后, 在降雨条件下, 发生径流流失和淋溶损失^[3-4], 氮素的这两种损失在坡地土壤上直接引起了氮素空间分布失衡。而损失的氮素一方面会降低尿素的有效利用率, 引起土壤质量下降; 另一方面, 流失的氮素汇入河流、湖泊会引起水体富营养化, 危害水体环境。研究指出, 降雨对坡地氮素空间分布的影响主要有土壤类型、降雨强度、施用尿素类型等几方面因素^[5-6]。普通尿素的氮素利用率较低, 施入土壤后受降雨影响较大, 氮素空间分布失衡及流失严重, 坡地因具有坡面幅度而加重了这种趋势^[7]。树脂包膜控释尿素的氮素利用率相对较高, 而且能够提高作物产

量; 降雨条件下, 在坡地上施用树脂包膜控释尿素, 一定程度上能够减少氮素的淋溶损失, 对坡面氮素流失具有一定的控制效应^[8-9], 因而树脂包膜控释尿素成为坡地土壤尿素施用的首选类型之一。近年来, 国内外对降雨条件下坡地土壤氮素迁移机理、流失危害及防治等领域的研究较多^[10-11], 而在降雨条件下, 对普通尿素和树脂包膜控释尿素在棕壤、褐土和红壤 3 种发生类型土壤坡地上施用后的氮素空间分布及流失特征比较研究未见报道。为此, 本研究通过模拟降雨试验, 系统比较研究了相同降雨条件下, 降雨对 2 种尿素在 3 种发生类型土壤坡地上施用的氮素空间分布及氮素流失特征影响, 旨在揭示相同降雨条件下, 树脂包膜控释尿素对维持坡地氮素空间分布稳定及控制氮素流失的规律特征, 为防治农田坡地土壤氮素流失提供科学依据, 对保护生态环境具有重要的理论与实践意义。

1 材料与方法

1.1 供试土壤与肥料

供试土壤按地理发生类型分别为棕壤、褐土和红

基金项目: 国家科技部“渤海粮仓科技示范工程”项目(2013BAD05B00)和山东省自主创新专项(2014ZZCX07302)资助。

* 通讯作者(dfj401@163.com)

作者简介: 郭新送(1987—), 男, 山东新泰人, 硕士, 主要从事土壤生态方面研究。E-mail: guoxinsong1028@163.com

壤，其基本化学性状如表 1 所示。3 种类型土壤中棕壤采自山东农业大学南校区试验田，系统命名为普通筒育湿润淋溶土；褐土采自山东省肥城市安驾庄镇安驾庄村玉米良种场，系统命名为普通筒育干润淋溶

土；红壤采自江西鹰潭中国科学院红壤生态试验站，系统命名为普通黏化湿润富铁土。试验土样均为 0 ~ 20 cm 农田耕层土壤，经过自然风干后过 2.5 mm 筛，除去石块、植物根系等杂质混匀备用。

表 1 三种供试土壤化学性质
Table 1 The chemical properties of three soils used in present study

土壤类型	全氮(g/kg)	有效磷(mg/kg)	速效钾(mg/kg)	有机质(g/kg)	电导率(μS/cm)	pH
棕壤	1.06	8.82	81.65	17.76	124.00	6.92
褐土	1.30	5.00	143.97	19.84	118.63	7.17
红壤	0.45	8.80	139.27	7.13	63.57	4.32

供试控释氮肥为山东农大肥业科技有限公司生产的树脂包膜控释尿素(N 45.6%)，河南大通化工股份有限公司生产的大颗粒普通尿素(N 46.3%)。

1.2 试验设计

模拟降雨试验在山东省土壤侵蚀与生态修复重点实验室降雨大厅进行。降雨采用自动模拟降雨系统，模拟降雨各参数分别设定为，降雨高度 20 m，降雨强度 72 mm/h(恒定)，降雨时长 90 min/次，降雨均匀度 > 80%，雨滴降落终速为自然雨滴的 98% 以上，使得模拟降雨特性接近于天然降雨。试验模拟降雨共进行 9 次，以接近于土壤采集区的年均降雨量范围。

3 种类型土壤均设置 2 个施肥处理，分别为普通尿素处理 (CUU) 和树脂包膜控释尿素处理 (CRU)，每个土样每个处理重复 3 次。施肥处理的施氮量相同，为 225 kg/hm²。试验所用土槽为自行设计的木制槽，规格为：长×宽×高 = 200 cm × 50 cm × 28 cm，土槽底部铺有 5 cm 厚细沙。土样装槽时，按土样 20 cm 实际高度，装槽体积质量按 1.25 g/cm³ 进行，土壤平均初始含水量控制在(0.22±0.02)g/g，试验坡度设为 7°。装土时，参照高杨等^[9]的处理方法，将肥料与土壤充分混合后，边装边压实(减小雨水在土槽坡面上的入渗和测流)装入土槽，装填完毕后及时铺上塑料薄膜以防止土壤水分蒸发。土槽坡面由坡顶端至底端将其化分为坡上部(0 ~ 67 cm)，坡中部 (67 ~ 133 cm) 和坡下部 (133 ~ 200 cm)。

模拟降雨结束后，在土槽坡面上横向(沿坡顶至坡底)划分 17 条等分线，纵向划分 5 条等分线^[9]，在交点处用微型土钻按 10 cm/层取土(0 ~ 10 cm 记作表层，10 ~ 20 cm 记作下层)，土样经风干、磨细、过 100 目筛备用。本研究为分析坡地氮素空间分布受降雨的影响，模拟土槽土层为坡地耕层土壤，且将其统一按 0 ~ 10 cm 和 10 ~ 20 cm 分层，但由于不

同类型土壤发育状况不一，本研究中的土层分层与田间土壤实际情况存在一定差异，故未来的田间试验研究不可或缺。

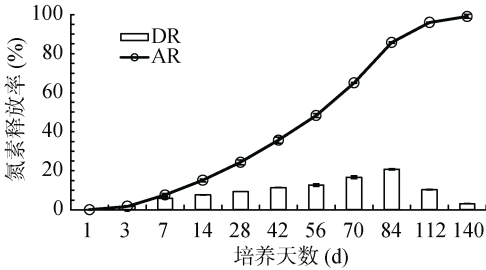
1.3 测定项目及数据处理

土壤全氮采用凯氏法测定，具体方法参考鲍士旦^[12]版土壤农化分析。数据采用 Excel、SAS 软件进行计算与统计分析，采用 Surfer 9 软件进行绘图。

2 结果与讨论

2.1 树脂包膜控释尿素静水释放速率

供试树脂包膜控释尿素在 25℃ 静水中的氮素释放率(包含树脂包膜控释尿素的氮素时段释放率和氮素累积释放率)测定结果如图 1 所示，其氮素时段释放曲线为先升高再降低的类抛物线型，氮素累积释放率曲线呈现明显的上升趋势。符合《缓/控释肥料》行业标准(HG/T 3931-2007)，且与其预设 3 个月的控释时期相吻合，与宋付朋等^[13]在控释肥释放过程的结果分析一致。



(DR：氮素时段的释放率；AR：氮素累积释放率)

图 1 树脂包膜控释尿素在 25℃ 水中的氮素释放率
Fig. 1 Nitrogen release rate from controlled release urea coated by polymer in 25 °C water

本研究结果与已有的研究结果均表明树脂包膜控释尿素在浸水中能达到很好的控释效果^[14]。但在土壤中，由于土壤孔隙状况、酸碱环境等因素以及氮素在土壤中的迁移变化与周转情况的影响，树脂包膜

控释尿素施入土壤后是否能够真正达到在浸水中的效果, 需要进一步探究。

2.2 降雨对施用两种尿素的棕壤坡地氮素空间分布影响

2.2.1 表层氮素空间分布 由于降雨下氮素存在不同途径的损失^[14], 故降雨后坡面氮素分布出现失衡。对棕壤坡地来讲, 施用 2 种尿素的坡地表层氮素空间分布在降雨后出现较大差异(图 2)。在氮素空间分布上, 普通尿素处理 (CUU) 的坡上部、中部和下部的氮素残余量分别变为降雨前的 50.31%、57.47% 和

55.46%; 树脂包膜控释尿素处理 (CRU) 的坡上部、中部和下部的氮素残余量分别为降雨前的 57.70%、59.94% 和 58.81%, 在整个表层坡面上 CUU 处理的氮素残余量变异系数为 6.51%, 而 CRU 处理的仅为 0.97%。在氮素流失程度上, 降雨结束后, CUU 和 CRU 处理的棕壤坡地表层氮素总量分别比模拟降雨前减少了 41.14% 和 38.13%, 其中在 0~80 cm 坡位, CUU 处理的氮素流失量显著高于 CRU 处理($P<0.05$)。表明, 较普通尿素 施用树脂包膜控释尿素的氮素不仅能维持坡地氮素分布相对均衡, 且减少因降雨造成的氮素损失。

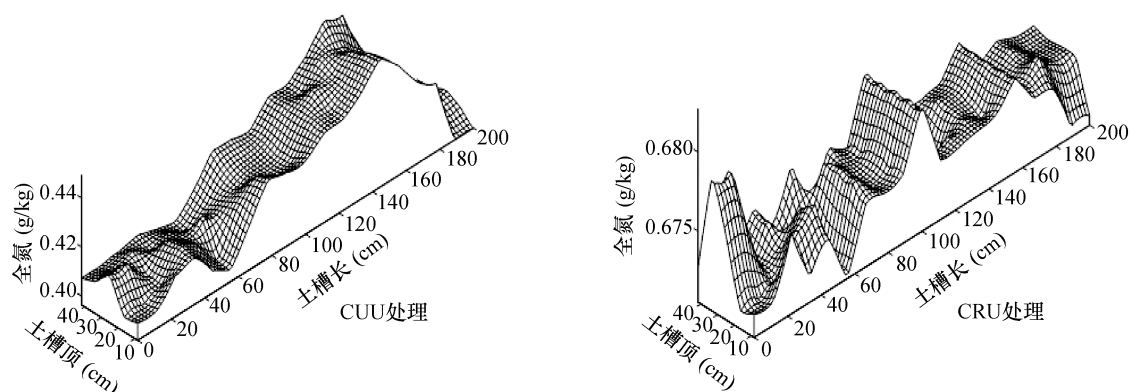


图 2 两种尿素处理的棕壤坡地表层氮素空间分布

Fig. 2 Nitrogen spatial distribution in the surface slope of brown soil with two kinds of urea applied

2.2.2 下层氮素空间分布 降雨不仅造成坡地表层氮素空间分布失衡, 同时还会影响坡地下层氮素空间分布, 且因尿素类型不同其氮素空间分布有所差异(图 3)。降雨后, 相对于 CRU 处理, CUU 处理的氮素残余量在下层坡面出现一个峰值, 而 CRU 处理的氮素残余量分布相对较为均匀; 整个下层坡面 CUU 处理的氮素残余量变异系数为 3.55%, 显著高于 CRU 处理的 0.50%($P<0.05$), 整个坡面的变化幅度明显小于 CUU 处理。CUU 处理的坡上部氮素流失十分严重,

较 CRU 处理, 氮素流失量达到 CRU 处理的 2.32 倍, 达到极显著水平($P<0.01$); 在坡中部和坡下部, CUU 处理和 CRU 处理的氮素残余量分别为降雨前的 50.27%、54.89% 和 57.12%、57.24%, CUU 处理的氮素流失量也均显著高于 CRU 处理, 表明降雨对 CRU 处理的棕壤坡地下层氮素空间分布影响较小, 且氮素流失显著较少。

相比于普通尿素, 树脂包膜控释尿素能减小降雨对棕壤坡地地下层氮素空间分布间的差异, 并能

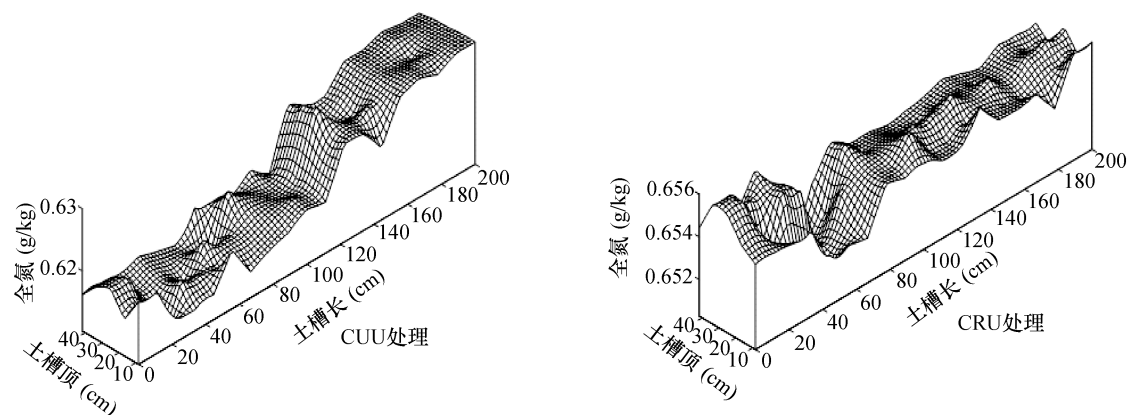


图 3 两种尿素处理的棕壤坡地下层氮素空间分布

Fig. 3 Nitrogen spatial distribution on brown subsoil of the slope with two kinds of urea applied

够缩小氮素流失量间的差异。表现在 CRU 处理的棕壤坡地表下层间的氮素空间变化幅度相近；同时，CRU 处理的坡地下层氮素损失只比表层多 1.72%，而 CUU 处理的坡地下层氮素损失比表层多 7.56%，差异显著。

2.3 降雨对施用两种尿素的褐土坡地氮素空间分布影响

2.3.1 表层氮素空间分布

降雨对 2 种尿素处理的褐土坡地表层氮素空间分布影响不同，表现为降雨

后 2 种尿素处理的氮素空间分布均匀性及氮素残余量变化幅度有较大差异(图 4)。从褐土坡地表层 3 个坡位的氮素残余量分布情况及变化幅度来看，CUU 处理的褐土坡地表层氮素残余量在整个坡面的变化幅度在 0.90 ~ 1.06 g/kg，而 CRU 处理的变化幅度在 1.09 ~ 1.19 g/kg；CUU 处理的氮素残余量变异系数达到 9.72%，为 CRU 处理的 3.1 倍，表明施用树脂包膜控释尿素能减小降雨对褐土坡地表层氮素空间分布的影响。

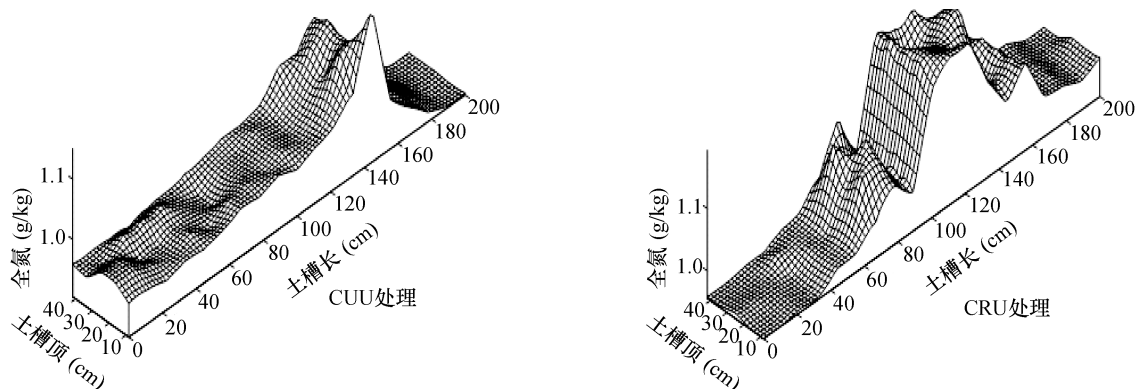


图 4 两种尿素处理的褐土表层坡面氮素空间分布

Fig. 4 Nitrogen spatial distribution in the surface slope of cinnamon soil with two kinds of urea applied

降雨结束后，2 种尿素处理的坡地表层氮素均以坡上部和坡下部流失严重，坡中部的氮素残余量出现峰值，但较 CUU 处理，CRU 处理的坡面氮素流失程度相对较小，表现为 CRU 处理的坡上部、中部和下部的氮素残余量分别高出 CUU 处理的 2.25%、8.95% 和 4.83%，以 CRU 处理坡中部氮素残余量显著高于 CUU 处理($P < 0.05$)。经计算 CUU 和 CRU 处理的褐土坡地表层氮素总量分别比模拟降雨前减少了 28.08% 和 23.04%，即较普通尿素，施用树脂包膜控释尿素能显著减少氮素流失。

2.3.2 下层氮素空间分布

降雨对 2 种尿素处理的褐土坡地下层氮素空间分布影响差异较大，相对于 CRU 处理，CUU 处理的氮素残余量在整个坡面变化幅度较大；在整个下层坡面，CUU 处理的氮素残余量变异系数达到 14.14%，为 CRU 处理的 4.12 倍，故 CRU 处理的氮素残余量的空间分布相对稳定，其氮素空间分布受降雨影响较小(图 5)。降雨后，2 种尿素处理的整个褐土坡地下层氮素总量均较降雨前有所减少，其中以 CUU 处理的氮素总量较降雨前减少的较多，表现为 CUU 处理的坡上部、中部、下部氮素损失量达到 CRU 处理的 1.32、1.52 和 1.41 倍，均显著高于 CRU 处理，表明树脂包膜控释尿素减少了坡地下层的氮素损失。

从降雨对褐土坡面下层氮素空间分布的影响看，降雨后，CRU 处理的褐土坡地表下层间的氮素空间分布差异较 CUU 处理小，经计算，CRU 处理的坡地下层氮素损失量只比表层多 1.60%，而 CUU 处理的坡地下层氮素损失量比表层多 4.43%，差异显著，表明树脂包膜控释尿素能减小降雨对褐土坡地表下层氮素空间分布间的差异。

2.4 降雨对施用两种尿素的红壤坡地氮素空间分布影响

2.4.1 表层氮素空间分布

降雨后，从红壤整个表层坡面的氮素残余量变化幅度来看(图 6)，CUU 处理的红壤坡地表层氮素残余量在整个坡面的变化幅度在 0.40 ~ 0.51 g/kg，且在 140 ~ 160 cm 的坡位处出现一个峰值，而 CRU 处理的变化幅度在 0.49 ~ 0.53 g/kg，显著小于 CUU 处理；整个表层坡面，CRU 处理的氮素残余量变异系数为 4.59%，显著低于 CUU 处理的 14.96%($P < 0.05$)，即降雨后，CRU 处理的红壤表层坡面氮素空间分布相对均衡。从红壤坡地表层氮素残余量分布来看，降雨结束后，CUU 和 CRU 处理的红壤整个坡地表层氮素总量分别较模拟降雨前减少了 19.47% 和 4.12%，2 种尿素处理的坡地氮素均以坡上部和坡下部流失严重。而与 CUU 处理相比，CRU 处理的坡上部、中部和下部的氮素残余量分别高出

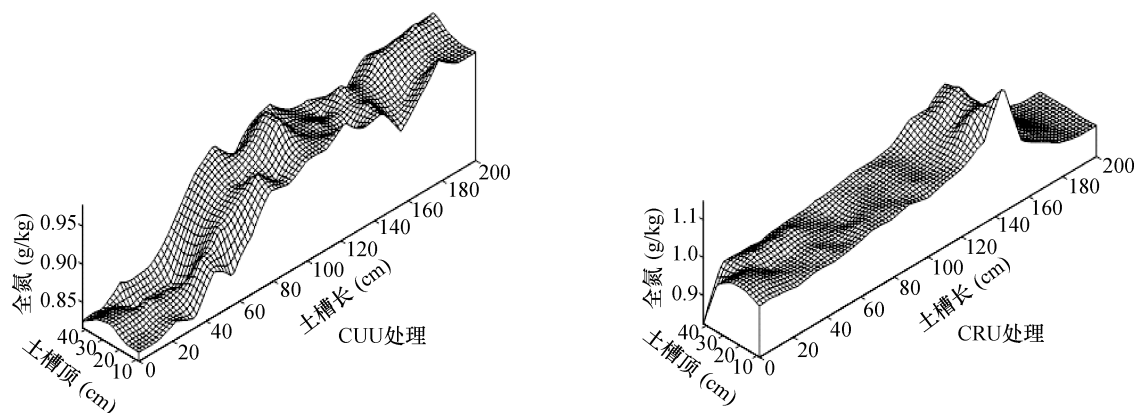


图 5 两种尿素处理的褐土下层坡面氮素空间分布

Fig. 5 Nitrogen spatial distribution in cinnamon subsoil of the slope with two kinds of urea applied

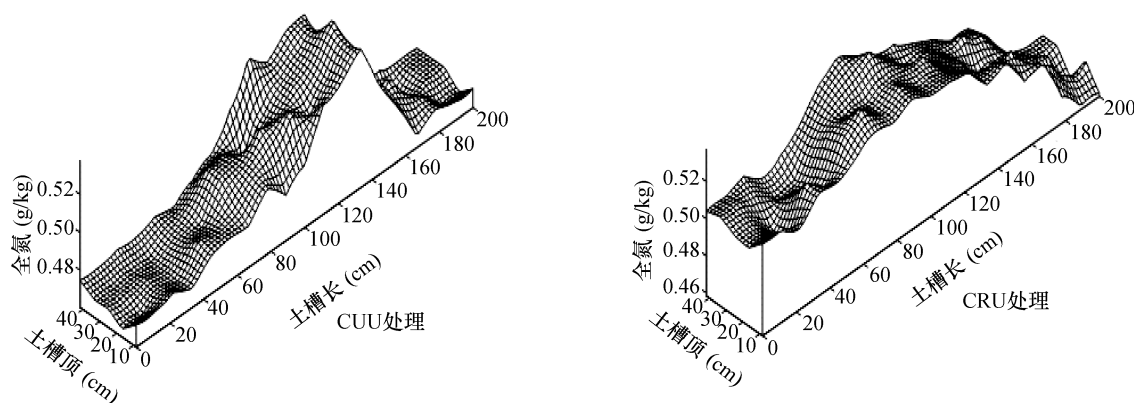


图 6 两种尿素处理的红壤表层坡面氮素空间分布

Fig. 6 Nitrogen spatial distribution in surface slope of red soil with two kinds of urea applied

CUU 处理的 6.22%、3.14% 和 2.28%，除坡下部 160 ~ 180 cm 坡位外，均达到显著性水平 ($P < 0.05$)，表明树脂包膜控释尿素具有控制氮素流失的性能，能够维持红壤表层坡面的氮素含量。

2.4.2 下层氮素空间分布 降雨后，2 种尿素处理的红壤坡地下层氮素空间分布均匀性及氮素残余量变化幅度均存在较大差异。从红壤整个下层坡面的氮素残余量变化幅度来看，CUU 处理的红壤坡地下层

氮素残余量在整个坡面的变化幅度在 0.35 ~ 0.45 g/kg，而 CRU 处理的变化幅度在 0.44 ~ 0.51 g/kg，显著小于 CUU 处理；在整个下层坡面，CRU 处理的氮素残余量变异系数为 2.87%，显著小于 CUU 处理的 11.98% ($P < 0.05$)，表明 CRU 处理的坡面氮素残余量变化幅度相对较小(图 7)。降雨后，2 种尿素处理的坡地氮素均以坡上部流失严重，但 CUU 处理的整个下层坡面的氮素损失量达到 CRU 处理的 3.63 倍，

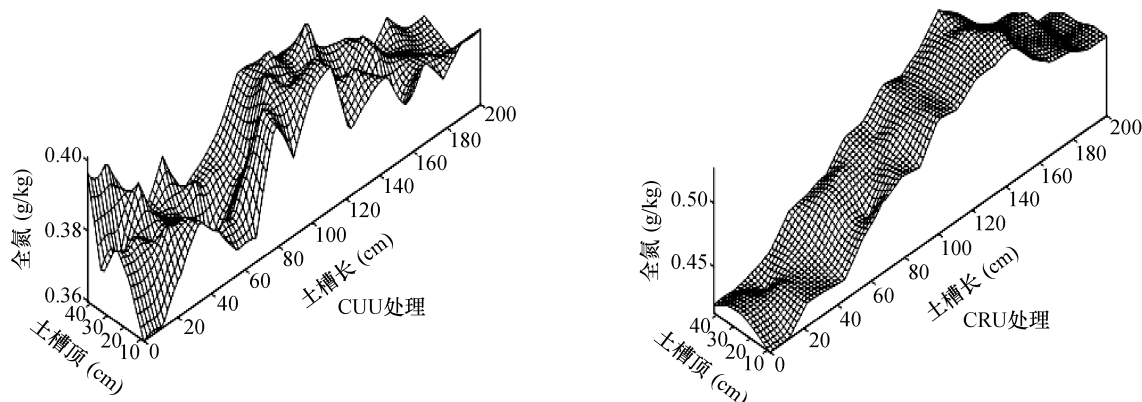


图 7 两种尿素处理的红壤下层坡面氮素空间分布

Fig. 7 Nitrogen spatial distribution in red subsoil of the slope with two kinds of urea applied

差异达到极显著水平。从红壤坡地下层3个坡位氮素残余量的分布情况来看,CRU处理的坡上部、中部和下部的氮素残余量分别高出CUU处理的17.26%、27.71%和30.47%($P<0.01$),表明树脂包膜控释尿素的氮素控制释放功能显著减少了降雨造成的坡地下层氮素流失。

降雨后,与CUU处理相比,CRU处理的红壤坡地表下层间的氮素空间分布差异较小,经计算,CRU处理的坡地下层氮素损失只比表层多5.02%,而CUU处理的坡地下层氮素损失比表层多21.43%($P<0.01$),差异显著,可见,树脂包膜控释尿素能减小降雨对红壤坡地表下层氮素空间分布间的差异。李恒鹏等^[15],陈志良等^[16]研究均指出,降雨下坡地表面的氮素流失更为明显,与本研究有一定的差异性,但其研究降雨强度设定为暴雨等级。本研究设置降雨强度恒定,未对不同降雨强度下的氮素空间分布进行研究分析,故不同强度的降雨对2种尿素坡地氮素空间分布的影响还有待于进一步探究。

2.5 降雨对3种类型土壤坡面氮素空间分布影响的比较分析

模拟降雨条件下,棕壤、褐土、红壤的氮素流失特征基本一致,均以坡上部的氮素流失严重,从整个坡面氮素流失严重程度上看,为棕壤>褐土>红壤。施肥是调控氮素流失的重要途径^[17],与施用普通尿素相比,施用树脂包膜控释尿素在3种类型土壤施用均能减少氮素流失,其中以在红壤上施用效果最为显著,氮素流失量分别为棕壤的33.81%和褐土的61.63%。从降雨后3种类型土壤的坡面氮素空间分布看,降雨均会造成3种类型土壤坡面氮素失衡,且降雨对CUU处理和CRU处理的氮素空间分布影响差异较大,其中均以对CUU处理的氮素空间分布影响较大,氮素分布失衡严重。与施用普通尿素相比,施用树脂包膜控释尿素均能减小降雨对3种类型土壤坡面氮素空间分布的影响,CRU处理的3种类型土壤中,以棕壤表下层坡面的氮素空间分布失衡程度较轻,氮素残余量变化幅度小于褐土与红壤,整个坡面的氮素残余量变异系数分别为褐土与红壤的22.42%和19.84%。

3 结论

1) 模拟降雨后,树脂包膜控释尿素处理的3种类型土壤坡地氮素残余量变异系数为普通尿素的14.08%~31.89%,整个坡面以坡上部和坡下部氮素空间分布均匀性明显高于普通尿素处理。

2) 树脂包膜控释尿素在3种类型土壤坡地上施用均能显著减少降雨造成的氮素流失,较普通尿素施用,氮素流失分别减少了7.32%~17.35%、17.95%~24.24%、72.45%~78.84%。树脂包膜控释尿素的控释效果在红壤上最为明显,褐土次之。

3) 与普通尿素相比,树脂包膜控释尿素在3种类型土壤坡地上施用,均能显著缩小降雨对坡地表层与下层氮素空间分布影响间的差异,同时也能显著减小降雨造成坡地表层与下层氮素流失量间的差异。

参考文献:

- [1] 杨金玲,张甘霖,张华,等. 丘陵地区流域土地利用对氮素径流输出的影响[J]. 环境科学, 2003, 24(1): 16-23
- [2] 王辉,王全九,邵明安. 人工降雨条件下黄土坡面养分随径流迁移试验[J]. 水土保持学报, 2006, 22(6): 39-43
- [3] 杨杉,吴胜军,王雨,等. 三峡库区农田氨挥发及其消减措施研究进展[J]. 土壤, 2014, 46(5): 773-779
- [4] Reddy K R, D'Angelo E, Lindau C, et al. Urea losses in flooded soils with established oxidized and reduced soil layers[J]. Biology and Fertility of Soils, 1990, 9(4): 283-287
- [5] 孙佳美,余新晓,樊登星. 模拟降雨条件下黑麦草对土壤水分入渗的影响[J]. 土壤, 2014, 46(6): 1115-1120
- [6] Liang X Q, Chen Y X, Nie Z Y, et al. Mitigation of nutrient loss via surface runoff from rice cropping system with alternate wetting and drying irrigation and site-specific nutrient management practices[J]. Environmental Science and Pollution Research, 2013, 20: 6980-6991
- [7] 刘泉,李占斌,李鹏,等. 模拟降雨条件下坡地氮素流失特征试验分析[J]. 水土保持学报, 2011, 25(1): 6-10
- [8] 纪雄辉,郑圣先,鲁艳红,等. 施用尿素和控释氮肥的双季稻田表层水氮素动态及其径流损失规律[J]. 中国农业科学, 2006, 39(12): 2521-2530
- [9] 高杨,王霞,宋付朋,等. 模拟降雨条件下树脂包膜控释尿素对土壤氮素流失的控制效应[J]. 水土保持学报, 2010, 24(3): 9-12
- [10] 黄容,高明,王子芳,等. 不同种类氮肥对紫色土表面电化学性质的影响[J]. 土壤学报, 2014, 51(4): 727-732
- [11] Li H, Wu W X, Liu Y X, et al. Reduction of nitrogen loss and Cu and Zn mobility during sludge composting with bamboo charcoal amendment[J]. Environmental Science and Pollution Research, 2009, 16: 1-9
- [12] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000
- [13] 宋付朋,张民,史衍玺,等. 控释氮肥的氮素释放特征及其对水稻的增产效应[J]. 土壤学报, 2005, 42(4): 619-627
- [14] 石德坤. 模拟降雨条件下坡地氮素流失特征研究[J]. 水土保持学报, 2009, 29(5): 98-101
- [15] 李恒鹏,金洋,李燕. 模拟降雨条件下农田地表径流与壤中流氮素流失比较[J]. 水土保持学报, 2008, 22(2): 6-9

- [16] 陈志良, 程炯, 刘平, 等. 暴雨径流对流域不同土地利用土壤氮磷流失的影响[J]. 水土保持学报, 2008, 22(5): 30–33
- [17] 谭德水, 江丽华, 谭淑樱, 等. 湖区麦玉轮作模式下不同施肥措施调控氮磷养分流失研究[J]. <http://www.cnki.net/kcms/doi/10.11766/trxb201311250560.Html>, 2014-06-12

Effect of Rainfall on Slope Nitrogen Spatial Distribution of Two Kinds of Urea

GUO Xinsong^{1,3}, DING Fangjun^{1,2,3*}, CHEN Shigeng^{1,3}, HONG Pizheng^{1,3}, LU Yanyan^{1,3}

(1 *National Engineering Laboratory for Efficient Utilization of Soil and Fertilizer Resources, Tai'an, Shandong 271018, China;*

2 *College of Resources and Environment, Shandong Agricultural University, Tai'an, Shandong 271018, China;* 3 *Engineering*

Technology Research Center of Shandong Province, Efficient Utilization of Humic Acid, Shandong Agricultural University

Fertilizer Science Tech. Co. Ltd., Tai'an, Shandong 271000, China)

Abstract: Adopt automatic rainfall simulation system and set up the simulated rainfall intensity constantly to carry out the experiment indoor on soil bin, which using common urea and controlled releases urea coated by polymer. Through simulated rainfall experiment, the nitrogen spatial distribution and nitrogen loss characteristics of common urea and controlled releases urea coated by polymer were analyzed. The results showed that: controlled release urea coated by polymer brown, cinnamon and red soil slope could all reduce influence of nitrogen spatial distribution by rainfall. After simulated rainfall, the nitrogen residue variance coefficient of controlled releases urea coated by polymer were common urea's 14.08%–31.89%, At the same time, the controlled release urea could reduce the difference of the rainfall impact on nitrogen spatial distribution between surface soil and subsoil of the slopes of all three soil types. Controlled releases urea coated by polymer applied on three soil types slope could reduce nitrogen loss, compared with common urea, nitrogen loss decreased by 7.32%–17.35% ($P<0.05$), 17.95%–24.24% ($P<0.05$), 72.45%–78.84% ($P<0.01$) respectively. In addition, the controlled releases urea could also reduce the difference of nitrogen loss between the surface soil and subsoil of the slopes of three soil types under rainfall, and the nitrogen loss from subsoil of the slope only increased by 1.63%–5.02% compared with surface soil of the slope. So under rainfall, controlled releases urea coated by polymer applied on soil slope could control nitrogen distribution unbalance and nitrogen loss.

Key words: Simulated rainfall; Three soil types; Controlled releases urea coated by polymer; Nitrogen spatial distribution; Nitrogen loss