

施氮对盐碱土入渗及水盐运移的影响

秦显艳, 王春霞, 何新林

(石河子大学水利建筑工程学院, 新疆 石河子 832000)

摘要: 为研究施氮对盐碱土入渗及水盐运移的影响, 选用含盐量为 0.3%, 0.9%, 1.2% 盐碱土与 4 种不同氮肥浓度(0, 300, 600, 900 mg/L)组合, 进行室内一维垂直土柱积水入渗试验。结果表明:(1)施氮对盐碱土入渗具有减渗作用, 同一施氮水平下, 盐碱土的入渗性能随含盐量的升高而降低, 脱盐深度也降低。(2)随着入渗时间的增加, 下层根区土层的含水量均为不施氮时最大, 此时土层保水性最好。(3)0.3% 盐碱土上施氮较不施氮脱盐量大, 施加氮肥对盐碱土脱盐有促进作用; 而在 0.9% 和 1.2% 盐碱土上均为不施氮时脱盐量大, 即施氮对盐碱土脱盐具有拮抗作用。研究结果为盐碱地土壤合理施氮提供了有效的机理性基础, 为盐渍化地区的作物生长以及生态保护提供参考。

关键词: 施氮; 盐碱土; 入渗特征; 水盐运移; 脱盐效率

中图分类号: S151.9⁺2; S152.7

文献标识码: A

文章编号: 1009-2242(2019)01-0248-05

DOI: 10.13870/j.cnki.stbcbx.2019.01.039

Effect of Nitrogen Application on Infiltration and Water and Salt Transport in Saline Alkali Soil

QIN Xianyan, WANG Chunxia, HE Xinlin

(College of Water & Architectural Engineering, Shihezi University, Shihezi, Xinjiang 832000)

Abstract: In order to study the effect of nitrogen application on the infiltration and water and salt transport in salt and alkali soil, the saline soil with salt content of 0.3%, 0.9% and 1.2% and four different nitrogen concentrations (0, 300, 600, 900 mg/L) were combined as the treatments, and one dimensional vertical soil column infiltration experiment were carried out. The results showed that: (1) Nitrogen application reduced the infiltration of saline alkali soil. Under the same nitrogen application level, the infiltration capacity of saline alkali soil decreased with the increasing of salt content, and the desalting depth also decreased. (2) With the increase of infiltration time, the soil moisture of the lower root zone was the maximum when no nitrogen was applied, and the water retention of soil was the best at this time. (3) In the saline soil with salt content of 0.3%, the amount of desalination in the soil with nitrogen application was larger than that without nitrogen application, and the nitrogen application promoted the desalination of saline alkali soil; however in saline alkali soil with salt content of 0.9% and 1.2%, the amount of desalination was higher when there was no nitrogen application, which mean that nitrogen application had an antagonistic effect on the desalination of saline alkali soil. The research results provided an effective mechanism foundation for rational nitrogen application in saline alkali soil, and provided reference for crop growth and ecological protection in salinized area.

Keywords: nitrogen application; saline alkali soil; infiltration characteristics; water and salt transport; desalination efficiency

随着人口增加和土地资源的减少及土地质量的退化, 提高现有土地的生产能力和改良与开发利用盐渍化土地, 以及防治灌区土壤的次生盐碱化已成为实现土地资源可持续利用和农业可持续发展的一个重

要方面^[1]。缺水与土壤盐渍化是限制干旱农业发展的 2 个关键问题^[2]。据统计, 中国盐碱地总面积在 3 300 万 hm^2 以上, 其中有利用潜力的盐碱荒地面积近 1 300 hm^2 ^[3], 新疆是中国最大的盐土区, 盐碱土面

积达 1 100 万 hm^2 , 约占全国盐碱土面积的 1/3 和新疆土地面积的 6.6%^[4]。如何改良利用这些盐碱荒地资源成为了我国农业发展的重要问题。膜下滴灌水肥一体化技术可使肥料溶解在水中, 既满足作物生长发育所需, 又可以达到淋洗盐碱地的目的。但由于新疆干旱缺水, 因此在盐碱地改良过程中, 不仅要着眼于盐碱土的脱盐率, 更要注重盐碱土的脱盐效率, 即提高水对盐碱土的淋洗效率^[5]。施肥是农田土壤养分获取的重要来源, 而氮肥的施用是农业生产中重要的养管理措施, 其对粮食产量的贡献率达到 50%, 因此施用氮肥成为最有效的粮食增长措施^[6-7]。合理施用氮肥是当今世界作物生产中获得较高目标产量的关键措施^[8-9]。不合理施用氮肥会导致 2 种结果: 一是施肥投入较少, 导致产量较低; 二是氮肥投入过多, 肥料利用率低, 更会造成污染环境^[6]。

王继红等^[10]研究表明, 施氮能够减少黑土耕层土壤下渗水量。吕殿青等^[11-12]研究表明, 灌水量的增加有助于盐碱土脱盐。张翼夫等^[13]研究表明, 灌溉量影响盐碱土洗盐效果, 灌溉量越大, 表层土壤脱盐效果越好。吴忠东等^[14]研究表明, 当矿化度低于 3 g/L 左右时仍可以对土壤上层的盐分有一定的淋洗作用, 但当矿化度进一步升高时, 入渗水对供试土壤的盐分几乎没有淋洗作用。国内外学者虽然对施肥和盐碱地改良做了很多研究, 但多偏重施肥对作物产量品质、灌水量、水质、入渗水头对盐碱地的影响, 而将两者结合即施肥对盐碱土影响的研究却鲜有报道。因此, 开展室内一维垂直土柱积水入渗条件下氮肥对盐碱土影响的机理性研究, 从施氮对盐碱土入渗、水盐运移及脱盐效率入手, 探求盐碱土上合理施氮方法, 其研究结果可为新疆大田土壤合理施氮提供参考, 对新疆土地可持续利用具有重要意义。

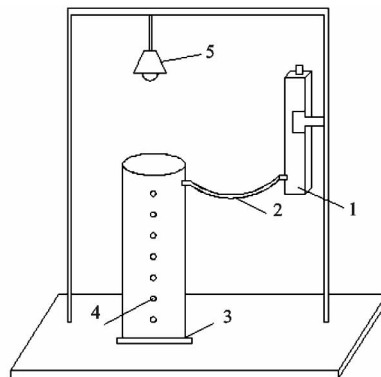
1 材料与方 法

1.1 试验装置与土壤样品

试验装置主要包括马氏瓶供水装置和试验土柱(图 1), 该试验装置均为透明有机玻璃制作而成。采用马氏瓶定水头供水, 截面面积 45 cm^2 , 高度 1.2 m, 外标刻度用于读取入渗水量。试验土柱半径 7.5 cm, 两侧每隔 2.5 cm 有一小孔, 用于取土分析, 土柱外标刻度用于记录湿润锋读数。土柱上方放有灯泡, 用于布置后期研究光照对入渗的试验。

本试验供试土壤经测为黏性砂土, 土壤容重 1.4 g/cm^3 , 土壤质量饱和含水量 45%, 田间持水量 32%, 土样风干后经 2 mm 筛备用。本次试验入渗方式为连续入渗, 按土壤容重 1.4 g/cm^3 , 每 10 cm 分

层装入, 并用夯土器夯实, 然后进行下一层的装土, 直至装到试验设计高度。



注: 1 为马氏瓶; 2 为输水软管; 3 为试验土柱; 4 为取样口; 5 为灯泡。

图 1 试验装置示意

1.2 试验设计与方法

试验于 2017 年 11 月至 2018 年 1 月在新疆石河子大学水利建筑工程学院水利大厅内进行, 试验开始前马氏瓶中装氮肥溶液, 为保证均匀入渗, 表层土壤保持积水深度 3.5 cm。试验开始后观测湿润锋及马氏瓶读数并记录, 入渗 12 h 后停止供水, 倒出土柱表面积水并用量筒称量, 吸干土表面积水, 用土钻取土进行分析, 分别测定了其含水量、含盐量。研究因子包括氮肥浓度、盐碱土盐分含量。其中盐碱土盐分含量根据盐碱土分类标准设置为 0.3%, 0.9%, 1.2%, 分别用 $Y_{0.3}$ 、 $Y_{0.9}$ 、 $Y_{1.2}$ 表示, 氮肥浓度根据新疆棉田施氮量设置为 0, 300, 600, 900 mg/L , 分别用 N_0 、 N_{600} 、 N_{300} 、 N_{900} 表示, 将其进行正交组合, 共 11 个不同的试验组合(由于含盐量 1.2% 上施肥 300, 600 mg/L 时, 效果相差不大, 因此去掉 $Y_{1.2}-N_{900}$ 试验组合), 每个组合设置 2 个重复。

1.3 测试指标与数据处理

含水量采用烘干法测定; 土壤电导率按 1:5 土水比例进行混合, 稳定沉淀后测定提取液的电导率值, 换算成土壤的含盐量。

数据处理利用 Excel 2003 和 Origin 9.0 软件进行。

2 结果与分析

2.1 施氮对盐碱土水分的影响

2.1.1 施氮对盐碱土入渗特征的影响 为了研究施氮对盐碱土水分入渗的影响, 采用实测的累积入渗量与入渗率对盐碱土的入渗性能进行评价。由图 2 可知, 不同施氮量下的累积入渗量曲线、入渗率曲线趋势大致相同。在同一盐碱土上施氮, 土壤累积入渗量顺序为 $N_0 > N_{600} > N_{300} > N_{900}$ 。这表明施加氮肥后土壤累积入渗量均减少, 说明施氮对盐碱土入渗具有减渗作用, 且 N_{900} 减渗作用最明显, N_{900} 作用下 $Y_{0.3}$

和 $Y_{0.9}$ 累积入渗量较 N_0 处理分别减少了 25.5%, 28.8%。同一施氮水平下, 盐碱土的入渗性能随含盐量的升高而降低, 这是由于盐碱土含盐量越高孔隙度越小, 透水性越差, 因而入渗性能差。不同施氮量下, 在入渗初期入渗率最大, 这是因为入渗初期, 土壤较干燥, 水分在基质势和重力作用下向下入渗, 此时土壤入渗率曲线为斜率较大的非线性曲线; 随着入渗历时的增加, 入渗界面上的土壤不断密实, 导水率变小,

因此入渗率迅速衰减并趋于稳定值, 此时入渗历时的增加对入渗率影响不大。入渗结束时, $Y_{0.3}$ 和 $Y_{0.9}$ 的入渗率最终稳定在 0.02 cm/min 左右, 而 $Y_{1.2}$ 的入渗率最终稳定在 0.01 cm/min 左右。 N_{900} 对 3 种盐碱土的入渗率较 N_0 处理分别减少了 27.6%, 28.6%。这也同样验证了上述结论, 即含盐量高的土壤入渗性能较差, 施氮对盐碱土水分入渗具有减渗的作用, 可以利用这一结论防止水分深层渗漏。

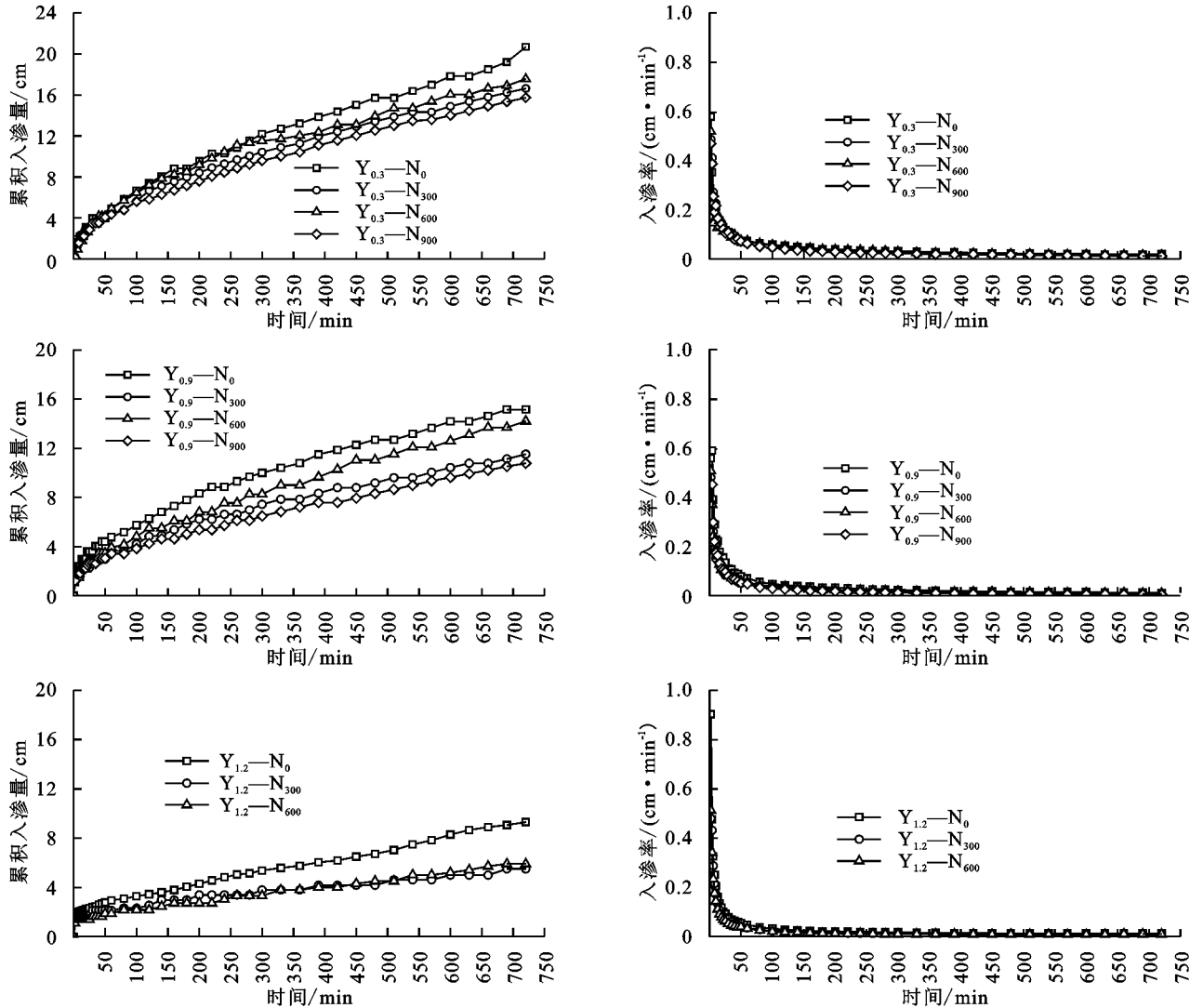


图 2 土壤入渗参数曲线

2.1.2 施氮对土壤水分的影响 为了研究施氮对盐碱土水分的影响, 采用不同处理在入渗结束时的土壤剖面水分分布对其进行评价。由图 3 可知, 试验为积水入渗试验, 故土体表层含水率为饱和含水量, 在湿润锋处最小。随着土层深度的增加, 土层含水率总体上呈先降低再增加再降低的趋势。除土壤表层为饱和含水率最大外, $Y_{0.3}$ 除了 N_0 处理在 20 cm 土层再次出现含水量峰值, 其他处理均在 5 cm 土层再次出现峰值; $Y_{0.9}$ 各个处理均在 15 cm 土层出现含水量峰值; $Y_{1.2}$ 各个处理在 5 cm 出现含水量峰值。同一施氮水平下, 含水量表现为 $Y_{0.3} > Y_{0.9} > Y_{1.2}$, 且在不同

盐碱土上的 N_{900} 处理, 含水量均为最小。 $Y_{0.3}$ 土壤 15 cm 以上的土层在 N_{600} 时含水量最大, 15 cm 以下在 N_0 时含水量最大, 说明增加施氮量, 对 $Y_{0.3}$ 土壤 15 cm 以下的土壤含水量没有影响; $Y_{0.9}$ 土壤 15 cm 以上的土层在 N_{300} 时含水量最大, 15 cm 以下在 N_{600} 时最大; $Y_{1.2}$ 土壤湿润深度范围内均为 N_0 时含水量最大, 说明施氮对 $Y_{1.2}$ 土壤含水量没有影响; 由此可知, 在 $Y_{0.3}$ 和 $Y_{0.9}$ 上, 15 cm 土层为含水量的转折点, 施氮量对 15 cm 土层上下有不同影响。因此可以推断, 随着入渗时间的增加, 下层根区土层的含水量均为 N_0 时最大, 此时土层保水性较好。

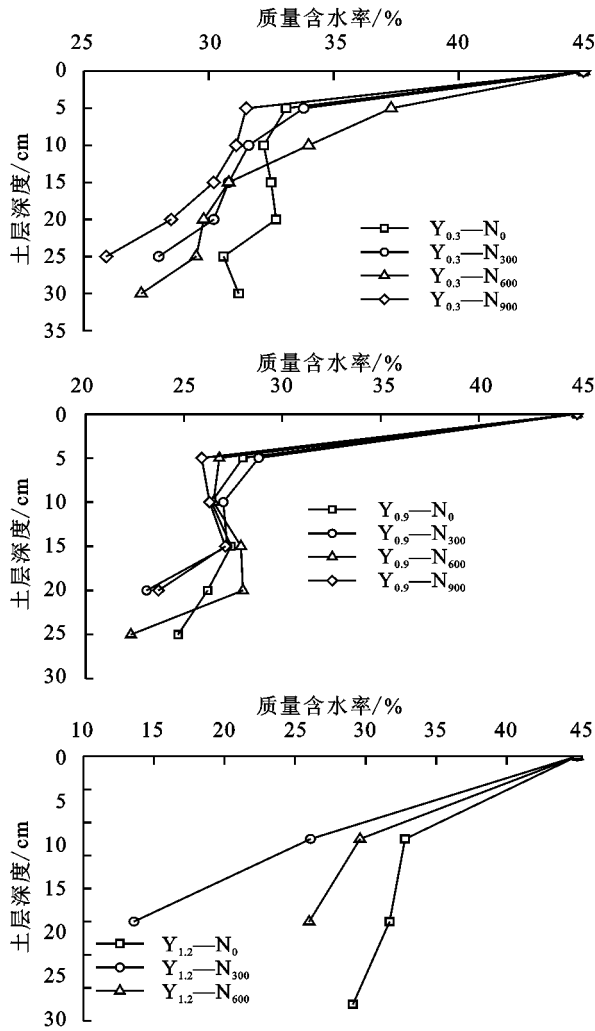


图 3 施氮对土壤水分的影响

2.2 施氮对盐碱土盐分的影响

2.2.1 施氮对盐碱土盐分含量的影响 由图 4 可知,随着水分入渗,土壤盐分随土层深度的增加而增加,脱盐层以上土壤经水分淋洗脱盐,淋洗的盐分聚集在下层土壤中,导致下层土壤积盐,这和“盐随水走”的结论一致。在相同入渗历时条件下, $Y_{0.3}$ 脱盐深度大致为 25 cm, N_{600} 脱盐效果最好,这表明在 $Y_{0.3}$ 上适量施氮较不施氮处理脱盐效果好,对盐碱土脱盐有促进作用。 $Y_{0.9}$ 脱盐深度大致为 16 cm, N_0 脱盐效果最好, N_{600} 次之; $Y_{1.2}$ 脱盐深度大致为 9 cm, 同样是 N_0 脱盐效果最好, N_{600} 次之。

2.2.2 施氮对盐碱土脱盐效率的影响 为了进一步分析土壤盐分随入渗水量的变化规律,定义某土层脱盐率与通过该土层的水量的比值为水分的脱盐效率,其公式为:

$$D' = \frac{S_i - S_f}{S_i I'} \times 100 \quad (1)$$

式中: D' 为脱盐效率(%/cm); S_i 为初始含盐量(%); S_f 为入渗后含盐量(%); I' 为通过该土层的水量(cm)。

由公式(1)可知,脱盐效率不仅与入渗始末的含

盐量有关,而且还与通过供试土层的水量有关,脱盐效率更能全面地反映水—盐之间的关系^[15-16]。

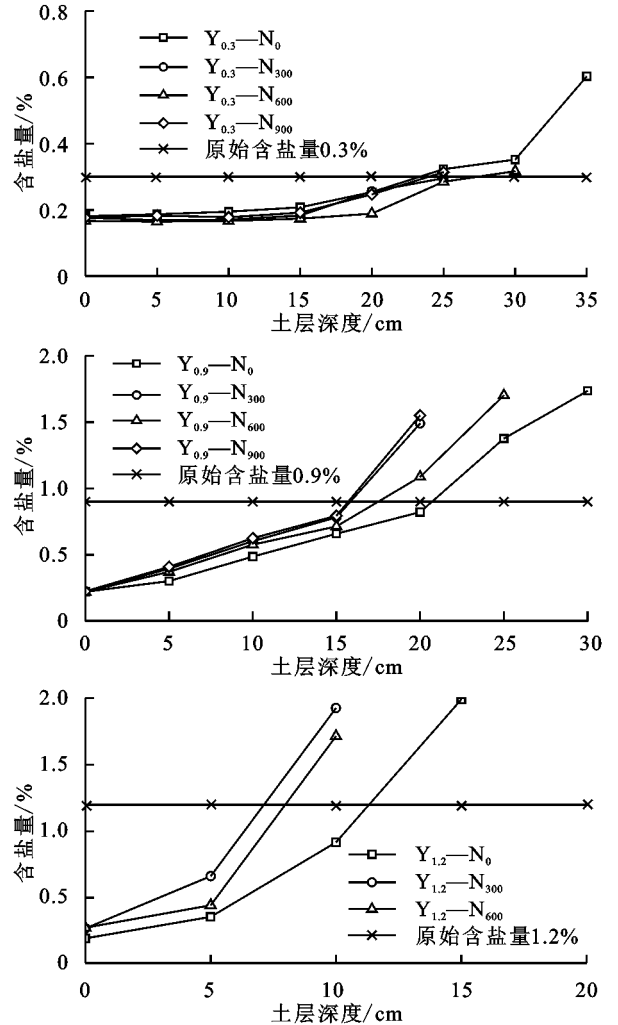


图 4 土层盐分分布与施肥的关系

由图 5 可知,在入渗结束时, $Y_{0.3}$ 脱盐效率随土层深度的增加而增加,最下脱盐土层的脱盐效率最低。由于通过表层土壤水量较多,由公式(1)可知,脱盐效率随通过该土层水量的增加而降低,因此导致表层土壤脱盐效率较低。由于“盐随水走”导致上层淋洗的盐分被水淋洗到下层土壤中,脱盐层以下的土壤积盐,最下脱盐土层在积盐层附近,盐分有淋洗也有积累,因此最下脱盐层脱盐效率最低。 $Y_{0.3}$ 在 N_{900} 处理时,各土层脱盐效率较其他处理好,但其脱盐层深度较施氮量为 N_{600} 和 N_{300} 处理浅;除 N_{600} 在 20 cm 土层脱盐效率出现峰值为 5.735%/cm 外,其他施氮处理均在 15 cm 土层出现脱盐效率峰值。 $Y_{0.9}$ 脱盐效率总体上呈现先升高后降低趋势,最后降到最低的趋势。在 N_{900} 处理时,土层脱盐效率最大。除 N_{600} 在 0 cm 土层脱盐效率出现峰值为 5.314%/cm 外,其他施氮处理均在 10 cm 土层出现脱盐效率峰值。 $Y_{1.2}$ 脱盐效率呈现增加趋势,表层最小,最下脱盐层最大,这是由于 $Y_{1.2}$ 含盐量较高,通过表层水

量较多,下层较少,但是下层土层脱盐率较高,因此下层土层脱盐效率最高。

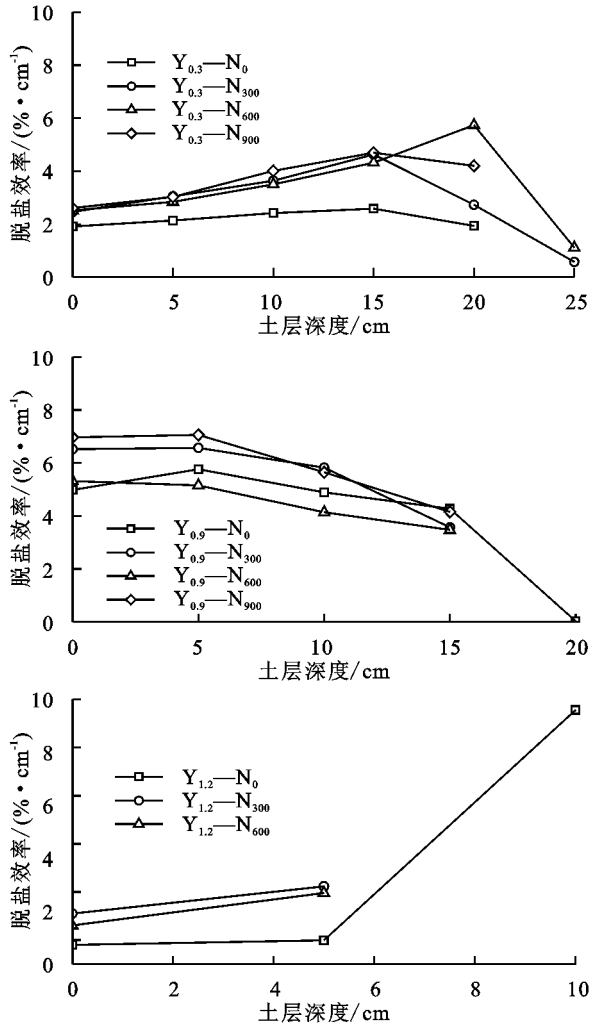


图 5 施氮对盐碱土脱盐效率的影响

3 结论

(1)同一盐碱土上,土壤累积入渗量顺序为 $N_0 > N_{600} > N_{300} > N_{900}$ 。施加氮肥后土壤累积入渗量均减少,施氮对盐碱土入渗具有减渗作用。在 $Y_{0.3}$ 和 $Y_{0.9}$ 时, N_{900} 减渗作用最明显;在 $Y_{1.2}$ 时,施氮对其有减渗作用,但增加施氮量对其累积入渗量影响不大。同一施氮水平下,盐碱土的入渗性能随含盐量的升高而降低。

(2)土层表层含水量最大。随着入渗时间的增加,下层根区土层的含水量均为 N_0 时最大,此时土层保水性最好。

(3)含盐量越低入渗性能越好,脱盐深度越深。 $Y_{0.3}$ 上施氮较不施氮脱盐量大,施加氮肥对盐碱土脱盐有促进作用,而在 $Y_{0.9}$ 和 $Y_{1.2}$ 上均为不施氮时脱盐量大,即施氮对盐碱土脱盐具有拮抗作用。

(4)施氮及施氮量对盐碱土脱盐效率均有影响,

所设置氮肥浓度范围内, N_{900} 处理下 $Y_{0.3}$ 和 $Y_{0.9}$ 脱盐效率最好。

参考文献:

- [1] 张红梅,速宝玉. 土壤及地下水污染研究进展[J]. 灌溉排水学报,2004,23(3):70-74.
- [2] Danierhan S, Shalamu A, Tumaerbai H, et al. Effects of emitter discharge rates on soil salinity distribution and cotton (*Gossypium hirsutum* L.) yield under drip irrigation with plastic mulch in an arid region of Northwest China [J]. Journal of Arid Land, 2013, 5(1): 51-59.
- [3] 王玉珍,刘永信. 盐碱地农业高效利用措施[J]. 湖北农业科学,2011,50(20):4160-4162.
- [4] 伍黎芝,底艳. 干旱区盐碱化土地整理工程实证研究:以陕西省蒲城县卤泊滩土地整理项目为例[J]. 农业工程学报,2005,21(增刊1):179-182.
- [5] 黄丽华,沈根祥,钱晓雍,等. 滴灌施肥对农田土壤氮素利用和流失的影响[J]. 农业工程学报,2008,24(7):49-53.
- [6] 栗铁申. 我国氮肥施用现状、问题和对策[J]. 农民科技培训, 2010(7):23-24.
- [7] Peng S, Buresh R J, Huang J, et al. Improving nitrogen fertilization in rice by site-specific N management [M]. Berlin: Springer Netherlands, 2011.
- [8] 巨晓棠,谷保静. 我国农田氮肥施用现状、问题及趋势[J]. 植物营养与肥料学报,2014,20(4):783-795.
- [9] Ju X T, Xing G X, Chen X P, et al. From the cover: Reducing environmental risk by improving N management in intensive Chinese agricultural systems [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2009, 106(9): 3041-3046.
- [10] 王继红,刘景双,赵兰坡. 施肥对黑土耕层土壤水分下渗量的影响[J]. 灌溉排水学报,2008,27(1):115-118.
- [11] 吕殿青,王全九,王文焰,等. 膜下滴灌水盐运移影响因素研究[J]. 土壤学报,2002,39(6):794-801.
- [12] 吕殿青,王全九,王文焰,等. 膜下滴灌土壤盐分特性及影响因素的初步研究[J]. 灌溉排水学报,2001,20(1):28-31.
- [13] 张翼夫,李洪文,胡红,等. 打孔灌沙促进漫灌下盐碱土水分下渗提高脱盐效果[J]. 农业工程学报,2017,33(6):76-83.
- [14] 吴忠东,王全九. 入渗水矿化度对土壤入渗特征和离子迁移特性的影响[J]. 农业机械学报,2010,41(7):64-69.
- [15] 汪志农. 灌溉排水工程学[M]. 北京:中国农业出版社,2000.
- [16] 吴忠东,王全九. 微咸水入渗水量对土壤水盐运移特征的影响[J]. 农业机械学报,2010,41(11):67-71.