

胡朋成,尹娟,魏小东,等.不同水氮处理对马铃薯品质及土壤脲酶活性的影响[J].江苏农业科学,2022,50(6):87-92.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.06.014

不同水氮处理对马铃薯品质及土壤脲酶活性的影响

胡朋成¹,尹娟^{1,2,3},魏小东¹,王臣¹

(1.宁夏大学土木与水利工程学院,宁夏银川 750021; 2.旱区现代农业水资源高效利用教育部工程研究中心,宁夏银川 750021;

3.宁夏节水灌溉与水资源调控工程技术研究中心,宁夏银川 750021)

摘要:针对宁夏中部干旱带农田马铃薯根际生态环境问题,研究水肥一体化条件下不同水氮处理对马铃薯品质和土壤脲酶活性的影响。结果表明,不同水氮处理对 0~20 cm 土层土壤脲酶活性影响较大,其中灌水量为 1 500 m³/hm²,施氮量为 210 kg/hm² 的处理对土壤脲酶活性影响最大。低水条件下,随着施氮量的增加,脲酶活性逐渐降低;中水和高水条件下,脲酶活性随施氮量的增加而先升高后降低。施氮量一定时,脲酶活性随灌水量的增加先升高后降低。其中,中水低氮、中水中氮、中水高氮处理有利于马铃薯生育期内土壤脲酶活性的升高,中水低氮处理淀粉含量最高,高水高氮处理马铃薯维生素 C 含量最高。综合考虑,中水中氮处理有利于提高马铃薯块茎淀粉、维生素 C 含量,且此处理还原糖含量最低。在 0~20 cm 土层中,脲酶活性与马铃薯块茎维生素 C 含量呈显著正相关($P < 0.05$),与块茎淀粉含量无显著相关性,较高的脲酶活性有利于提高马铃薯块茎维生素 C 含量。

关键词:水氮处理;土壤脲酶活性;马铃薯品质;淀粉;还原糖;维生素 C

中图分类号: S532.06;S532.07 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2022)06-0087-06

在我国农业生产中,水肥对马铃薯品质的影响较大,水分作为环境因素之一,对作物生长有着重要影响,对促进马铃薯生长有很大作用,必须重视肥料的合理施用^[1]。马铃薯(*Solanum tuberosum* L.)为茄科茄属 1 年生草本块茎作物,既可用于食

品加工业,又可作为粮菜两用^[2]。马铃薯是宁夏第一大农作物,已经有 300 多年的种植历史,宁夏的马铃薯种植面积目前已经超 1.86 亿 hm²,位居全国第 11 位^[3]。土壤酶是土壤成分之一,具有很高的催化活性,是一种生物催化剂^[4]。土壤酶活性的高低与土壤养分转化的强弱有着密切联系,它为各种生化过程提供动力,是维持土壤肥力的一个潜在指标^[5],可以反映土壤的表观肥力,而土壤肥力又对马铃薯块茎品质有着重要影响。土壤酶会对土壤微环境产生影响,且对植物的生长有着更重要的影响,影响农作物生长的土壤酶主要包括过氧化氢酶

收稿日期:2021-06-30

基金项目:宁夏高等学校一流学科建设项目(编号:NXYLXK2021A03)。

作者简介:胡朋成(1997—),男,四川广安人,硕士研究生,从事水资源高效利用研究。E-mail:894431934@qq.com。

通信作者:尹娟,博士,教授,从事节水灌溉理论与技术、水文及水资源、水资源高效利用研究。E-mail:yj7115@126.com。

[7]刘 强,宋海星,荣湘民,等.不同品种油菜氮效率差异及其生理基础研究[J].植物营养与肥料学报,2008,14(1):113-119.

[8]喻 华,秦鱼生,陈 琨,等.有机肥料与化肥配施在黄瓜上减氮增效效应[J].江苏农业科学,2020,48(14):158-162.

[9]何丹丹,贾立国,秦永林,等.不同马铃薯品种的氮利用效率及其分类研究[J].作物学报,2019,45(1):153-159.

[10]魏峭嵘,曹敏建,石 瑛,等.施氮水平对不同马铃薯品种生长发育及品质性状的影响[J].沈阳农业大学学报,2017,48(2):152-158.

[11]周娜娜,张学军,秦亚兵,等.不同滴灌量和施氮量对马铃薯产量和品质的影响[J].土壤肥料,2004(6):11-12,16.

[12]矫娇娇.马铃薯氮高效材料筛选及氮代谢关键酶基因表达量差异[D].哈尔滨:东北农业大学,2018.

[13]李彤彤,赵 悦,刘 璐,等.马铃薯新品系的品质分析及利用

评价[J].种子,2020,39(8):70-71,85.

[14]张婷婷.马铃薯氮素高效利用生理响应及差异基因表达的研究[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2020.

[15]马德泰,刘一凡,尹则浙,等.河北二季作区早熟马铃薯品系材料比较试验[J].种子,2020,39(4):164-167.

[16]田再民,杨立军,冯 琰,等.不同施肥方式对马铃薯生长及产量的影响[J].西南农业学报,2013,26(4):1741-1743.

[17]陆昆典,李春光,韦小贞.冬种马铃薯黑膜夹层覆盖栽培氮肥和钾肥不同用量和组配种植株及产量的影响[J].江西农业学报,2013,25(2):10-13,16.

[18]抗艳红,龚学臣,赵海超,等.影响马铃薯产量的肥料效应分析[J].湖北农业科学,2011,50(11):2194-2197.

[19]董 茜,郑顺林,李国培,等.施氮量及追肥比例对冬马铃薯块茎品质形成的影响[J].西南农业学报,2010,23(5):1571-1574.

和脲酶等^[6]。土壤酶活性的主要来源有 2 个方面,一是在土壤中不断积累,二是土壤中微生物在繁殖过程中释放^[7]。

罗慧等的研究表明,通过采用合理的灌水措施,能够有效提高土壤酶活性^[8];熊湖等的研究表明,存在于土壤中的脲酶活性,会受到酚酸的抑制作用,采取施用液态有机肥的方法,可以有效减轻这种抑制作用^[9]。宁夏回族自治区同心县马铃薯主要种植区域位于下马关镇、预旺镇等乡镇,品种主要是青薯 9 号^[10]。同心县已经大面积覆盖马铃薯种植,但大部分农户种植马铃薯都是通过自然生长,通过人为灌水施肥策略干预马铃薯生长的几乎没有,进行马铃薯水肥管理模式的探究对当地马铃薯生产具有重要意义。

本试验通过研究不同水氮处理对土壤脲酶活性及马铃薯品质的影响,旨在摸清在宁夏中部干旱带水肥一体化条件下马铃薯品质及土壤脲酶活性随水氮变化的规律,优选出最佳水肥管理模式。

1 材料与方法

1.1 试验材料

2019 年 5 月在同心县下马关镇进行大田试验。马铃薯供试品种为青薯 9 号,该品种有耐旱、耐寒、块茎抗防腐病等诸多优点,适应试验地气候且在当地有较大种植面积。试验区海拔 1 730 ~ 1 950 m,位于宁夏中部干旱带,多年平均降水量在 260 mm 左右,大多集中在 7、8、9 月这 3 个月,属于大陆性干旱气候,干旱少雨,紫外线强,光照充足,蒸发大,蒸发量在 2 325 mm 以上。夏秋短,春冬长,四季分明^[11]。试验地土壤以黑垆土和灰钙土为主,主要特点是土质疏松,土壤质地较均匀且多孔,能有效保持土壤中的水分和肥料,富含钾素,为试验地马铃薯植株提供良好的生长环境。

每个试验小区面积为 16 m²,长 5 m,宽 3.2 m。马铃薯栽种方式为垄作,一膜两行,膜宽 1.2 m,行距、株距分别设置为 60、50 cm,种子埋深 20 cm。种植马铃薯时,每行种植 10 株,每小区种植 40 株,种植密度 33 345 株/hm²。每个小区相互独立,设有支管控制单元,水表、闸阀、压力表、施肥罐各 1 个。

2019 年预旺镇试验田耕作层土壤理化性质:pH 值为 8.19,有机质含量为 12.1 g/kg,速效钾含量为 133 mg/kg,全氮含量为 0.69 g/kg,全磷含量为 0.77 g/kg,全钾含量为 20.4 g/kg,脲酶活性为

0.215 mg/(g·d)。

1.2 试验方法

试验设计灌水量和施氮量 2 个因素,灌水量设 3 个水平,分别为 W1(低水,900 m³/hm²)、W2(中水,1 500 m³/hm²)、W3(高水,2 100 m³/hm²);施氮量(纯氮)设 3 个水平,分别为 N1(低氮,120 kg/hm²)、N2(中氮,210 kg/hm²)、N3(高氮,300 kg/hm²),共 9 个处理,每个处理 3 次重复,同时设置空白对照 CK(按照当地种植习惯,不覆膜且不灌水施肥),共 28 个试验小区,采用两因素随机区组设计。试验中磷肥、钾肥为纯磷、纯钾,选定的施肥量为 825、150 kg/hm²,磷肥以基肥的形式施入(一次性底施)。施用肥料选用尿素(氮含量 46%)、过磷酸钙(磷含量 12%)、硫酸钾(钾含量 50%)。钾肥和氮肥采用水肥一体化的方式施加,目的是为了保证马铃薯的正常生长(表 1)。

表 1 各生育期灌水施氮比例分配

生育期	灌水量(%)	施氮量(%)	施钾量(%)
芽条生长期	9	0	30
幼苗期	16(2 次)	20	0
初花期	25(3 次)	40	30
盛花期	50(3 次)	40	40
成熟期	0	0	0
合计	100	100	100

1.3 取样测定及分析方法

1.3.1 土壤脲酶活性测定 在全生育期每个小区内用土钻随机分层(0 ~ 20、20 ~ 40、40 ~ 60 cm)取土,将待测土装于塑封袋封闭保存,采用靛酚比色法测定土壤脲酶活性。

1.3.2 马铃薯块茎品质指标测定 马铃薯块茎品质性状有淀粉含量、还原糖含量、维生素 C 含量 3 个指标。测定方法如下:淀粉含量采用用碘比色法测定;维生素 C 含量采用 2,6-二氯靛酚滴定法(mg/100 g)测定;还原糖含量采用比色法测定。

1.4 数据处理

试验所得数据均采用 Excel 2019 和 DPS v 9.01 数据处理软件进行分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理下 0 ~ 20 cm 土壤脲酶活性的变化规律

土壤脲酶活性可以反映表土壤的肥沃程度,在土壤氮素转化时,脲酶是关键酶。土壤酶有专一性

和综合性的特点,它参与土壤中各种生物化学过程,环境的生物、物理和化学特性容易对土壤酶产生影响,土壤状况在一定程度上可以由土壤酶来反映,在土壤生态系统变化时,土壤酶能够发挥预警作用,且可以作为敏感指标^[12-13]。脲酶主要是对尿素产生作用,催化尿素水解为氨和二氧化碳,土壤无机氮的供应能力可通过脲酶活性反映^[14-15]。

图 1-a、图 1-b、图 1-c 分别表示低水(灌水量 $900 \text{ m}^3/\text{hm}^2$)、中水(灌水量 $1\,500 \text{ m}^3/\text{hm}^2$)、高水(灌水量 $2\,100 \text{ m}^3/\text{hm}^2$)条件下不同施氮量对马铃薯生育期土壤脲酶活性的影响。随着马铃薯生育期的推进,土壤脲酶活性均呈先升高后降低趋势,土壤脲酶活性最大值出现在初花期,盛花期略有下降。主要是因为初花期马铃薯生长既有地下根系发育,又有地面茎叶部分的营养生长,氮素需求量较大,在作物大量需肥期间,土壤中有机碳含量和微生物总量大幅增加,土壤脲酶活性明显提高;到了盛花期,地面生长逐步趋于稳定,主要集中于地

下块茎生长膨大,氮素需求相比初花期有所降低,所以土壤脲酶活性相比初花期也有所下降。在低水条件下,土壤脲酶活性随施氮量的增加而降低,因为在低水条件下,土壤溶液高浓度的氮不利于植物根系和土壤微生物对尿素的转化,影响土壤脲酶活性的提高;在中水条件下,脲酶活性随施氮量增加先升高后降低,中水中氮(W2N2)处理的土壤脲酶活性明显高于中水低氮(W2N1)和中水高氮(W2N3)处理,说明在中水条件下,中水中氮处理最有利于提高土壤脲酶活性;在高水条件下,土壤脲酶活性随施氮量的增加先升高后降低,但降幅不大,高水中氮(W3N2)和高水高氮(W3N3)处理土壤脲酶活性差别不大,高水低氮(W3N1)处理的土壤脲酶活性明显低于高水中氮和高水高氮处理,因为高水低氮(W3N1)条件下,土壤过湿,氮素浓度较低,降低了酶促作用和土壤中生物化学反应强度,导致脲酶活性降低^[7]。说明在灌溉量一定时,过低或过高的施氮量对提高土壤脲酶活性效果均不明显。

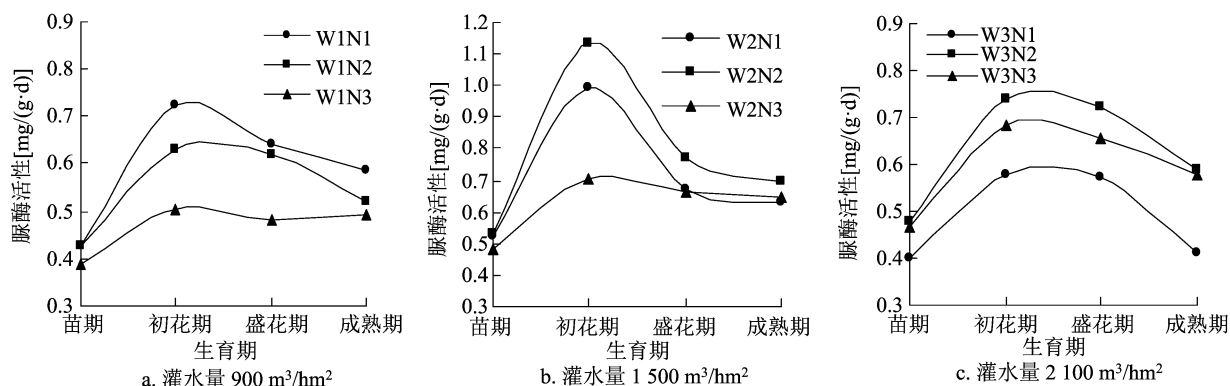


图1 相同灌水量不同施氮量下马铃薯生育期土壤脲酶活性

图 2-a、图 2-b、图 2-c 分别表示低氮(施氮量 $120 \text{ kg}/\text{hm}^2$)、中氮(施氮量 $210 \text{ kg}/\text{hm}^2$)、高氮(施氮量 $300 \text{ kg}/\text{hm}^2$)条件下不同灌水处理对马铃薯生育期土壤脲酶活性的影响,生育期马铃薯土壤脲酶活性变化的趋势也是先升高后降低。低氮中水(W2N1)处理的土壤脲酶活性明显高于低氮低水(W1N1)和低氮高水(W3N1)处理;中氮中水(W2N2)处理的脲酶活性明显高于中氮低水(W1N2)和中氮高水(W3N2)处理,且初花期差距最为明显,因为该处理的土壤水分与氮素浓度最适于土壤微生物及植物根系脲酶分泌,所以脲酶活性最高^[7];高氮中水(W2N3)处理的土壤脲酶活性显著高于高氮低水(W1N3)和高氮高水(W3N3)处理,因为土壤含水量过高或者过低时,土壤中酶促作用受

到抑制,同时也会降低土壤生化反应强度,导致土壤脲酶活性降低^[7]。说明在施氮量一定时,过高或过低的灌水量对提高土壤脲酶活性的效果均不明显。通过以上分析,中水中氮处理最有利于提高 $0 \sim 20 \text{ cm}$ 土层土壤脲酶活性。

2.2 不同水氮处理 $0 \sim 20 \text{ cm}$ 土层土壤脲酶活性显著性分析

马铃薯生育期各水氮处理 $0 \sim 20 \text{ cm}$ 土层脲酶活性详见表 2。初花期, W2N2 处理与 W1N3 处理差异显著,其他各处理间土壤脲酶活性差异均不显著;盛花期, W2N2 处理与 W1N2 处理差异显著, W2N2 与 W1N3、W3N1 处理之间差异极显著,说明不同水氮处理对土壤脲酶活性的影响在马铃薯初花期和盛花期开始显现;成熟期,除 W2N2 处理和

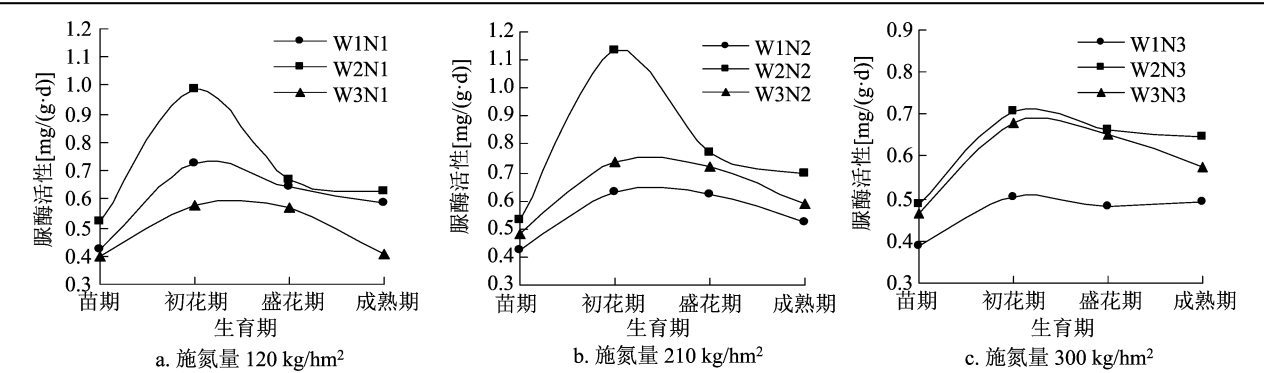


图2 相同施氮量不同灌水量下马铃薯生育期土壤脲酶活性

表 2 不同水氮处理马铃薯 0~20 cm 土层脲酶活性

处理	脲酶活性[mg/(g · d)]			
	苗期	初花期	盛花期	成熟期
W1N1	0.423aA	0.725abA	0.641abcABC	0.585abA
W1N2	0.424aA	0.631abA	0.620bcABC	0.520abA
W1N3	0.386aA	0.505bA	0.483dC	0.493abA
W2N1	0.525aA	0.732abA	0.671abcABC	0.630abA
W2N2	0.444aA	0.817aA	0.774aA	0.693aA
W2N3	0.485aA	0.705abA	0.665abcABC	0.647abA
W3N1	0.400aA	0.578abA	0.571cdBC	0.410bA
W3N2	0.478aA	0.691abA	0.725abAB	0.590abA
W3N3	0.466aA	0.682abA	0.655abAB	0.577abA
CK	0.423aA	0.530abA	0.62bcABC	0.460abA

注:同列数据后标有不同大写、小写字母表示差异极显著($P<0.01$)、显著($P<0.05$)。

W3N1 处理之间差异显著外,其他各处理土壤脲酶活性差异均不显著。

2.3 同一水氮处理对马铃薯不同土层土壤脲酶活性的影响

由图 1 和图 2 可知,在马铃薯整个生育期过程中,0~20 cm 土层土壤脲酶活性呈现先升高后降低的趋势,且在初花期达到最大值。在马铃薯初花期,中水中氮(W2N2)处理 0~20 cm 土层土壤脲酶活性在 9 个处理中最高。以中水中氮处理为例,分析马铃薯生育期不同土层土壤脲酶活性,结果见图 3。由图 3 可知,在初花期,3 个土层范围的土壤脲酶活性达到最大值,且随土层深度增加,酶活性逐渐降低。相较于 20~40、40~60 cm 土层,0~20 cm 土层的脲酶活性明显最高。原因是 0~20 cm 土层属于农业耕作层,脲酶底物多,化学活性强,土壤有机质酶解速度快,有效养分含量高;20~40、40~60cm 土层较深,在这一范围内土壤的通畅性很差,基质含量大大低于 0~20 cm 土层,生物活性弱,生物化学转化弱,植物的营养物质含量明显低于土层

0~20 cm,导致这 2 个土层的脲酶活性也相应低于土层 0~20 cm。说明马铃薯生育期土壤脲酶活性随土层深度增加而降低^[7]。

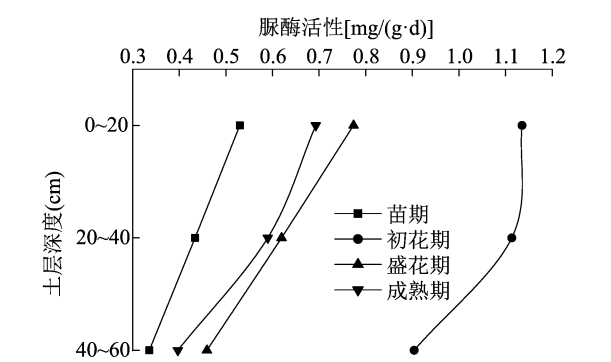


图3 中水中氮(W2N2)处理下马铃薯全生育期不同土层脲酶活性

2.4 不同水氮处理对马铃薯品质的影响

由表 3 可以看出,部分水氮处理对马铃薯的淀粉、还原糖、维生素 C 含量的影响显著。在进行马铃薯品质分析时,淀粉含量、还原糖含量和维生素 C 含量是 3 个非常重要的指标,各处理马铃薯块茎淀粉、还原糖和维生素 C 的含量见表

3. 结果表明,9 个处理马铃薯淀粉含量均高于 CK,主要原因在于 9 个试验处理均施加了氮肥,而氮肥是马铃薯生育期淀粉形成必不可少的养分。中水低氮处理马铃薯块茎淀粉含量最高,为 16.1 g/100 g。因为在该灌水施氮条件下,马铃薯输送到地下部分的光合产物明显增多,所以该处理下马铃薯生长旺盛,光合作用较强,有利于马铃薯块茎淀粉的积累。说明中水低氮处理更有利于提高马铃薯块茎淀粉含量。还原糖含量不仅会影响马铃薯营养价值和口感,还会影响马铃薯加工工艺和产品品质,一般要求还原糖含量低一点^[15-16]。

表 3 不同水氮处理下马铃薯品质指标

处理	淀粉含量 (%)	还原糖含量 (%)	维生素 C 含量 (mg/100 g)
W1N1	12.2cB	0.19bcBCD	22.39cdBC
W1N2	14.7abAB	0.24bAB	20.65dC
W1N3	13.7abcAB	0.14cdCD	22.63cdBC
W2N1	16.1aA	0.19bcBCD	29.13abAB
W2N2	15.9aA	0.12dD	29.51aAB
W2N3	14.1abcAB	0.30aA	29.54aAB
W3N1	12.9bcAB	0.22bB	23.20bcdABC
W3N2	13.8abcAB	0.21bBC	27.49abcABC
W3N3	14.5abcAB	0.12dD	30.65aA
CK	11.4cB	0.17bcBCD	26.97abcAB

土壤氮肥是影响马铃薯块茎维生素 C 含量的重要因素,马铃薯块茎中丰富的维生素 C 除了与土

壤氮肥密切相关之外,还与土壤的水分状况有关。高水高氮处理的马铃薯块茎维生素 C 含量最高,为 30.65 mg/100 g。且在灌溉量一定时,马铃薯块茎的维生素 C 含量随施氮量的增加而增加(低水中氮处理除外),但上升幅度不大,这是因为氮肥为马铃薯生育期内合成维生素 C 提供了大量的原材料,充足的氮肥有利于提高马铃薯块茎的维生素 C 含量。其中,高水高氮处理最有利于提高马铃薯块茎维生素 C 含量。

综合分析 3 个品质指标,中水中氮处理马铃薯淀粉和维生素 C 含量在各个处理中表现最优,且还原糖含量最低。所以中水中氮的水肥管理方式最有利于提高马铃薯品质,这对今后的大田试验也提供了参考价值。

2.5 马铃薯全生育期土壤脲酶活性与马铃薯品质的相关性分析

表 4 反映了马铃薯块茎淀粉含量、还原糖含量、维生素 C 含量、0~20 cm 土层脲酶活性均值、20~40 cm 土层脲酶活性均值、40~60cm 土层脲酶活性均值 6 个指标之间的相关性,分别用 X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_4 、 X_5 、 X_6 表示。由表 4 可以看出,马铃薯土壤 0~20 cm 土层脲酶活性与马铃薯块茎维生素 C 含量呈显著正相关,说明在 0~20 cm 土层中,较高的脲酶活性有利于提高马铃薯块茎维生素 C 含量。马铃薯 0~20、20~40、40~60 cm 土层脲酶活性土壤脲酶活性与马铃薯块茎淀粉含量之间相关性不显著。

表 4 马铃薯块茎品质指标和耕层土壤脲酶活性相关性系数

品质指标	相关系数					
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
X_1	1.000 0					
X_2	-0.120 0	1.000 0				
X_3	0.410 0	-0.190 0	1.000 0			
X_4	0.140 0	-0.230 0	0.660 0*	1.000 0		
X_5	-0.370 0	-0.180 0	0.280 0	0.790 0**	1.000 0	
X_6	-0.410 0	-0.420 0	0.240 0	0.670 0*	0.830 0**	1.000 0

注: *、** 分别表示相关性达显著($P<0.05$)、极显著($P<0.01$)水平。

3 讨论

本试验研究了不同水氮处理对土壤脲酶活性、马铃薯品质及土壤脲酶与马铃薯品质之间的相互关系,结果表明,不同水氮处理对马铃薯 0~20 cm 耕层土壤脲酶活性影响较大。在整个马铃薯生育期,土壤脲酶活性先升高后降低,最低值出现在苗

期。苗期到初花期,由于土壤温度升高和马铃薯根系生长发育影响脲酶活性迅速升高,在初花期达到全生育期最高水平;初花期到成熟期,土壤脲酶活性又呈现降低趋势,马铃薯成熟期的土壤脲酶活性较出苗期高。从本试验结果可以看出,在灌水量或施氮量一定时,适当提高另一个因素的水平均有利于提高土壤脲酶活性。本试验得出,在宁夏中部干

旱地区,最有利于提高土壤脲酶活性的灌水量为 $1\ 500\ \text{m}^3/\text{hm}^2$,施氮量为 $210\ \text{kg}/\text{hm}^2$ 。马铃薯品质的各性状在灌水量为 $1\ 500\ \text{m}^3/\text{hm}^2$ 、施氮量为 $210\ \text{kg}/\text{hm}^2$ 时表现最优,但施氮量的不同对马铃薯的淀粉、维生素 C 的含量的影响又有一定差异,所以在寻找最适合马铃薯的施氮量上,还需要进一步研究。

评价土壤肥力往往采用土壤酶活性,土壤营养物转化能力以及土壤生物活性都可以用土壤酶活性来反映,因此土壤酶活性是一项重要的指标^[16]。周礼恺认为,当土壤水分充足或较高时,土壤脲酶活性会增强,但当灌溉量过高、土壤水分过高时,土壤脲酶活性会减弱^[17]。朱同彬等的研究结果表明,与较低的土壤水分含量相比,土壤脲酶活性会在土壤水分含量过高时受到抑制^[18]。

为了帮助马铃薯生长,减少肥料的浪费,需要合理施用氮肥,在其栽培过程中提高肥料的利用率是降低成本的重要途径^[19]。对本试验结果进行分析,发现灌溉次数相同时,灌溉量越高,马铃薯块茎淀粉含量越高,这与马微等的研究结论^[20]一致。施氮量对淀粉的产生和含量影响最大,主要原因可能是氮参与蛋白合成,促进后期马铃薯淀粉的积累^[21]。

在同一灌溉量下,马铃薯块茎维生素含量随施氮量的增加而增加,但上升幅度不大,这与李仕杰的研究结论^[22]一致。

4 结论

马铃薯全生育期 0~20、20~40、40~60 cm 土层脲酶活性变化均是初花期土壤脲酶活性最高,且随土层深度增加而降低。中水中氮处理更有利于提高 0~20 cm 土层土壤脲酶活性。综合淀粉含量和维生素 C 含量这 2 个马铃薯块茎品质指标分析,中水中氮处理的马铃薯块茎淀粉、维生素 C 含量表现最优,还原糖含量最低。马铃薯土壤 0~20 cm 土层脲酶活性与马铃薯块茎维生素 C 含量呈显著正相关,马铃薯 0~20 cm 土层土壤脲酶活性与马铃薯块茎淀粉含量之间无明显相关。

在本试验条件下,中水中氮处理最有利于提高土壤脲酶活性,土壤脲酶活性升高有利于提高马铃薯植株对土壤氮素的吸收率,有利于马铃薯块茎中淀粉积累以及维生素 C 的合成,所以此处理下马铃薯的淀粉、维生素 C 含量表现较优,还原糖含量最低。因此灌水量为 $1\ 500\ \text{m}^3/\text{hm}^2$ 、施氮量为

$210\ \text{kg}/\text{hm}^2$ 处理可推荐作为宁夏中部干旱带农业区马铃薯的水氮管理模式。

参考文献:

- [1] 毕丽霏,张富仓,王海东,等. 水肥调控对滴灌马铃薯生长、品质及水肥利用的影响[J]. 干旱地区农业研究,2020,38(1):155-165.
- [2] 张 静. 氮磷钾施用量对马铃薯产量、品质及肥料利用特性的影响[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学,2012:1-2.
- [3] 张立杰,尹 娟,李文证. 不同水肥处理对马铃薯氮素利用率的影响[J]. 节水灌溉,2015(4):23-26.
- [4] 罗 杰. 不同肥料及其施用水平对桉楠幼苗生长特性及土壤肥力的影响[D]. 雅安:四川农业大学,2017:42-43.
- [5] Aon M A, Colaneri A C. Temporal and spatial evolution of enzymatic activities and physico-chemical properties in an agricultural soil [J]. Applied Soil Ecology, 2001, 18(3):255-270.
- [6] 李文证,马国成,尹 娟. 不同水肥处理对马铃薯肥料利用效率的影响[J]. 节水灌溉,2016(9):44-47,51.
- [7] 关松荫. 土壤酶及其研究法[M]. 北京:农业出版社,1986.
- [8] 罗 慧,刘 水,李伏生. 不同灌水施肥策略对土壤微生物量碳氮和酶活性的影响[J]. 生态学报,2014,34(18):5266-5274.
- [9] 熊 湖,郑顺林,龚 静,等. 液态有机肥对酚酸胁迫下马铃薯生长发育和土壤酶活性影响[J]. 水土保持学报,2019,33(3):254-259,267.
- [10] 叶风琴,戴明晶,张 臻. 同心县马铃薯生长发育与气候条件的关系[J]. 现代农业研究,2018(9):26-28.
- [11] 吴 娇,尹 娟,耿浩杰,等. 滴灌下不同灌水处理对马铃薯水氮运移及产量的影响[J]. 节水灌溉,2019(1):22-25,31.
- [12] 崔芸萍,赵桂琴,刘 欢. 除草剂对燕麦田土壤脲酶和碱性磷酸酶活性的影响[J]. 中国草地学报,2014,36(1):37-43.
- [13] 冯佳宇,杨正军,马 剑,等. 不同类型茶园土壤中微生物的群落特征及土壤酶活性[J]. 现代园艺,2018(20):9-10.
- [14] 聂兆君,秦世玉,刘红恩,等. 氮锌配施对冬小麦产量及土壤氮素转化相关酶活性的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2020,26(3):431-441.
- [15] 陈 曦,江贻伟,丁 洁,等. 生物炭施用对节水灌溉稻田土壤氮素含量及脲酶活性的影响[J]. 江苏农业科学,2020,48(19):268-274.
- [16] 韩黎明,童 丹. 马铃薯主粮化新品种营养品质分析与评价[J]. 粮食与饲料工业,2019(2):33-36.
- [17] 周礼恺. 土壤酶学[M]. 北京:科学出版社,1987:243-244.
- [18] 朱同彬,诸葛玉平,刘少军,等. 不同水肥条件对土壤酶活性的影响[J]. 山东农业科学,2008,40(3):74-78.
- [19] 宋婷婷,刘 斌,寇燕燕,等. 起垄覆膜方式对旱作马铃薯栽培土壤酶活性的影响[J]. 甘肃农业科技,2019(4):52-56.
- [20] 马 微,尹 娟. 不同灌水处理对马铃薯块茎品质及产量的影响[J]. 宁夏工程技术,2011,10(3):232-235.
- [21] 马国成. 宁夏旱区膜下滴灌水肥耦合对马铃薯生理指标及品质的影响[D]. 银川:宁夏大学,2017:39-40.
- [22] 李仕杰. 土壤持 N 总量与套作对马铃薯光合生理特性及产量品质的影响[D]. 重庆:西南大学,2016:60-61.