

邹升,王冀川,陈慧,等.滴灌水氮运筹对春小麦根冠生长及产量的影响[J].江苏农业科学,2019,47(12):129-133.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.12.028

滴灌水氮运筹对春小麦根冠生长及产量的影响

邹升,王冀川,陈慧,张迪,孙婷,石元强

(塔里木大学植物科学学院,新疆阿拉尔 843300)

摘要:采用管栽模拟试验,以新春6号(管径20 cm、高100 cm)为材料研究不同滴灌水量(W_1 :6.597 3 kg/管、 W_2 :10.367 3 kg/管、 W_3 :14.137 2 kg/管)和施氮量(纯氮施用量 N_0 :0 g/管、 N_1 :0.433 5 g/管、 N_2 :0.650 3 g/管、 N_3 :0.867 1 g/管)对春小麦根冠生长及产量的响应特征。结果表明,水、氮具有显著的根冠双向调节功能,在根系方面,随着水、氮供应量增加,根系干质量、总根长及表面积增加,少水中氮处理的根系变粗。水氮对根系生长特征的影响大小为根干质量>根长>根系表面积>根系直径。在冠部方面,增施水氮显著促进冠部器官生长,利于高产的产量构成因子的形成,且对产量构成因子的影响大小为穗粒数>小穗数>千粒质量,但过高的水氮对有效穗的形成不利, N_3W_3 处理的穗粒数和千粒质量不及 N_3W_2 处理,最终产量以 N_3W_2 处理最高,达1.656 g/株。水氮在根系干质量及表面积、单株成穗数和穗粒数等方面具有显著的耦合效应,并且以水分对根冠生长及产量形成的促进效应大于氮素。根冠比随供氮量增加而下降,随供水量增加而增加,且其与WUE呈负相关,与产量呈二次多项式关系。通过分析,在灌水量为10.37~14.14 kg/管(折合3 300~4 500 m³/hm²)、施氮量0.65~0.87 g/管(折合207~276 kg/hm²)的范围内均能获得1.37~1.66 g/株(折合7 230.2~8 715.2 kg/hm²)的较高产量。

关键词:春小麦;滴灌;水氮运筹;根冠比;水分利用效率;产量

中图分类号:S512.1⁺20.7;S512.1⁺20.6;S311 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2019)12-0129-05

滴灌水肥一体化技术是目前新疆重点推广的一项增产增效的新技术,且在小麦上开始广泛应用。由于实现了水肥同步,其利用效率和产量得到较大提升,但滴灌小麦出现的长势旺、根系分布浅、后期易倒伏和早衰^[1]的现象逐渐凸显,制约了滴灌技术的应用和产量潜力的发挥,开展滴灌水氮运筹的根冠生长调控效应研究,制定科学的水肥措施是当前亟待解决的问题。

作物的根冠生长是一个动态平衡系统,存在互相依赖、互相竞争的关系^[2],当生长条件有利时,表现为依赖关系,反之则表现为竞争关系。在实际生产中,作物根、冠的这种关系主要受到水肥调控而表现出不同,水分显著影响小麦的干物质生产总量及其在根、冠间的分配比例^[3],从而对小麦根、冠生长关系和产量形成产生重要影响;氮肥能促进根系和地上部分生长,但氮肥过多会显著降低根冠比,根体积、根容重和根系含水量随氮素水平提高均表现出先升后降的趋势^[4];也有人研究认为水氮在小麦干物质积累^[5]、氮素吸收及水分利用效率上存在耦合效应^[6],但关于水氮对滴灌小麦根冠协调生

长及产量形成方面的研究较少^[7]。本试验通过不同水氮耦合的管栽模拟试验,开展不同滴灌供水供氮条件下根冠生长的响应关系的研究,为进一步探索滴灌小麦水氮高效利用及高产形成机制打下基础。

1 材料与与方法

1.1 试验条件

试验于2016年在塔里木大学试验站网室中进行。采用管径20 cm、高100 cm的硬质聚氯乙烯(PVC)进行管栽,培养土为农田沙壤土,有机质含量1.025%,碱解氮含量49.27 mg/kg,速效磷含量52 mg/kg,速效钾含量214.1 mg/kg。过筛后按1 t土混施三料磷肥80 g、硫酸钾40 g装土入管,然后埋入深度为1 m的坑中,管上端口与地表齐平。3月8日播种,品种为新春6号。每管均匀播种20粒,播深3 cm,随后统一灌水1.5 kg/管以保证出苗,出苗后拔除多余麦苗(弱株)保证每管15株。

1.2 试验设计

采用水氮双因素试验,施氮量(纯氮)设0(N_0)、0.433 5(N_1)、0.650 3(N_2)、0.867 1 g/管(N_3)4个水平,灌水量设6.597 3(W_1)、10.367 3(W_2)、14.137 2 kg/管(W_3)3个水平,按面积折算为施纯氮0、138、207、276 kg/hm²,滴水2 100、3 300、4 500 m³/hm²。试验共12个处理,每处理重复6次,共计72根管。为模拟田间滴灌模式,每根管采用医用输液管连接挂瓶进行滴灌施肥,以输液管上的开关调节滴水速度。氮素换算成尿素溶水后滴施。水、氮滴施按照小麦肥水需求规律进行生育期间的分配,详见表1。

收稿日期:2018-02-27

基金项目:国家自然科学基金(编号:31260303);塔里木大学校长基金(编号:TDZKGG201702);塔里木大学研究生科研创新项目(编号:TDGR1201602);国家大学生创新创业训练计划(编号:201610757001);塔里木大学大学生创新创业训练计划(编号:2017059)。

作者简介:邹升(1995—),男,四川宜宾人,研究方向为作物高效生产理论与技术。E-mail:93304436@qq.com。

通信作者:王冀川,硕士,教授,硕士生导师,研究方向为作物高效栽培生理生态。E-mail:wjcwzy@126.com。

表1 各时期水、氮投入比例

日期 (月-日)	滴水比例	施肥比例
03-27	0.05	
04-07	0.08	0.10
04-17	0.12	0.15
04-27	0.10	
05-04	0.10	0.25
05-11	0.12	0.20
05-18	0.10	
05-25	0.10	0.15
06-01	0.10	0.15
06-08	0.10	
06-15	0.08	
定额	1.00	1.00

1.3 观测项目与统计方法

出苗后每隔7 d观察春小麦生育进程,记录株高、分蘖数、各叶片面积(单叶面积=长×宽×0.82^[8])等。在小麦的乳熟期(6月3日)每处理取3管进行破坏性试验,割取地上部分放入105℃烘箱中杀青15 min后,80℃烘至恒质量后称干质量,取出完整的根系在80目网袋中冲去泥土后用镊子仔细把根排放在玻璃板上,用扫描仪在300 dpi像素下扫描成黑

白的TIF图像,用DT-SCAN图像分析软件(英国Delta公司,1.0版)计算根长、平均直径和根表面积等形态特征指标,用 $\pi \cdot (R/2)^2 \cdot L$ (L 为根系长度, R 为根系平均直径)计算根表面积。最后将根系烘干至恒质量后称质量。6月19日成熟时割取地上部分,脱粒考种计产。灌溉水利用效率(WUE)按产量除以滴灌水量计算。

试验结果采用DPS 7.5统计分析软件Duncan's新复极差法对数据进行差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 水、氮对滴灌春小麦根系性状的影响

根系的形态特征反映了根系发育及功能发挥的好坏^[9],从表2可以看出,随着施氮量或灌水量的增加,根系干质量、总根长及根系表面积增加,在不同施氮条件下, W_2 和 W_3 处理的根系干质量、总根长及根系表面积的均值分别比 W_1 处理增加了36.36%和102.30%、22.88%和30.37%、13.96%和19.74%; N_1 、 N_2 、 N_3 施氮处理根系干质量、总根长及根系表面积的均值较 N_0 处理增加了1.70%~8.39%、8.60%~34.20%和8.88%~28.35%。平均直径随供水量增加呈先下降后增加趋势,随施氮量增加呈先增加后下降的趋势,在 N_2 或 W_1 处理时为最高, N_3 或 W_1 处理时最小。

表2 不同水氮处理下春小麦乳熟期的根系性状

处理		干质量 (mg/株)	平均直径 (mm)	根长 (mm/株)	根系表面积 (mm ² /株)
N_0	W_1	50.76 ± 2.59g	0.309 ± 0.022ab	7 163.31 ± 292.17f	6 962.99 ± 748.29e
	W_2	78.44 ± 3.73d	0.284 ± 0.018bc	9 697.43 ± 816.09de	8 640.88 ± 236.93cd
	W_3	104.76 ± 5.01c	0.304 ± 0.004ab	10 371.19 ± 1 025.95cd	9 900.16 ± 844.97bc
N_1	W_1	52.5 ± 2.08g	0.306 ± 0.018ab	8 358.17 ± 719.84ef	8 031.85 ± 178.89de
	W_2	76.92 ± 3.26de	0.296 ± 0.015b	10 615.30 ± 482.24cd	9 856.69 ± 958.10bc
	W_3	108.52 ± 2.80bc	0.297 ± 0.023b	10 599.75 ± 891.82cd	9 880.36 ± 1 668.61bc
N_2	W_1	58.71 ± 2.27f	0.331 ± 0.018a	10 007.89 ± 1 012.78d	10 398.26 ± 421.26ab
	W_2	75.28 ± 4.50de	0.284 ± 0.004bc	11 006.66 ± 1 041.21cd	9 808.29 ± 1 088.58bc
	W_3	111.93 ± 3.08b	0.295 ± 0.012b	11 691.39 ± 759.81bc	10 851.58 ± 1 188.51ab
N_3	W_1	59.48 ± 0.31f	0.304 ± 0.014ab	10 155.55 ± 976.31cd	9 688.16 ± 1 333.96bc
	W_2	71.33 ± 2.65e	0.297 ± 0.017b	12 529.94 ± 831.47ab	11 672.90 ± 165.90a
	W_3	122.78 ± 5.59a	0.261 ± 0.019c	13 860.46 ± 846.58a	11 374.53 ± 77.17ab
F值	N	3.501ns	5.969*	8.06*	7.13*
	W	1 169.403**	5.793*	98.25**	19.4**
	N × W	11.255**	1.765ns	3.36*	3.16*

注:同列数据后不同字母表示差异显著($P < 0.05$);ns表示在0.05水平差异不显著;*和**分别表示差异显著($P < 0.05$)和极显著($P < 0.01$)。下同。

从水、氮对春小麦根系生长性状的影响效应上看(F 值),除氮素对根系干质量性状影响不显著外,其他单因素效应均达显著($P < 0.05$)或极显著($P < 0.01$)水平,其中水分处理的根干质量、平均直径、总根长和根系表面积的变异系数(CV)分别为35.47%、4.42%、13.44%和9.12%,而氮素处理的分别为3.59%、2.33%、12.80%和11.10%,说明在根干质量、根系平均直径和根长方面供水效应大于供氮效应,而对于根系表面积供氮效应略大于供水效应。从水、氮对根系性状的影响程度(CV 大小)上看,对根干质量影响最大,其次是根长和根系表面积,对根系直径的影响最小。根长和根系表

面积的水氮耦合效应达显著($P < 0.05$)水平,说明在保证供水的基础上,适当施用氮肥更能发挥其促进根系生长的作用。另外,在组合处理中, N_3W_3 处理的根系干质量和根长最大,分别达122.78 mg/株和13 860.46 mm/株,而 N_3W_2 处理的根系表面积最大,达11 672.90 mm²/株, N_2W_1 处理的根系平均直径最大,达0.331 mm,说明各根系性状受水氮供应的影响侧重点不同,须要有一个适宜的水氮组合来保证根系性状的协调生长。

2.2 水、氮对滴灌春小麦地上部分生长特性的影响

从表3可以看出,随着灌水量或施氮量的增加,地上部各

器官生长,干质量随之增加,在不同施氮条件下, W_2 和 W_3 处理的株高、茎粗、单株有效成穗数、地上部总干质量和单株叶面积的均值分别较 W_1 处理增加了15.75%和28.31%、13.31%和31.90%、14.31%和15.90%、51.16%和77.16%、17.65%和47.36%; N_1 、 N_2 、 N_3 施氮处理的均值较 N_0 处理分别增加了8.05%~18.02%、6.66%~34.20%、2.06%~10.74%、8.45%~37.73%、7.30%~15.89%,说明水氮对地上器官的生长具有明显的促进作用。

从单因素对植株生长影响程度(F 值)上看,除茎粗的供氮素效应不显著外,其他处理的水、氮效应均达极显著($P < 0.01$)水平,说明干旱区滴灌麦田保证水氮供应是促进麦株生长的基础,而水氮供应仅对单株成穗数性状具有显著($P <$

0.05)的耦合效应,也说明了水氮供应对收获群体大小调控的重要性。从水氮供应对地上部器官生长的影响程度(CV)上看,水分处理的株高、茎粗、成穗数、地上部干质量及单株叶面积的 CV 分别为12.37%、13.92%、7.96%、27.50%和19.67%,而氮素处理的分别为6.81%、13.13%、5.28%、14.04%和6.32%,均小于水分处理,说明水分较氮素更能促进地上部生长。从水氮对地上部各性状的影响(CV)大小上看,水氮对地上部总干质量影响最大,株高、茎粗和单株叶面积次之,单株成穗数最小,说明水、氮影响主要表现在个体生产性能方面,这可能也是不同水氮处理最终形成不同产量的原因所在。

表3 不同水氮处理对春小麦乳熟期的地上部分性状的影响

处理	株高 (cm)	茎粗 (cm)	成穗数 (个/株)	地上部干质量 (g/株)	单株叶面积 (cm ² /株)	
N_0	W_1	57.32 ± 3.80h	2.05 ± 0.08d	0.940 ± 0.048f	0.952 ± 0.088h	56.89 ± 5.93f
	W_2	67.40 ± 2.07efg	2.59 ± 0.22bcd	1.065 ± 0.049de	1.329 ± 0.105ef	69.80 ± 6.41cde
	W_3	73.91 ± 2.00cd	3.02 ± 0.10abcd	1.150 ± 0.056c	1.589 ± 0.057cd	88.23 ± 5.90ab
N_1	W_1	62.70 ± 2.54g	2.33 ± 0.05cd	1.003 ± 0.015ef	1.018 ± 0.090gh	63.84 ± 9.66ef
	W_2	71.62 ± 3.17de	2.65 ± 0.19bcd	1.107 ± 0.010cd	1.406 ± 0.115de	73.32 ± 9.20cde
	W_3	80.30 ± 3.15b	3.19 ± 0.20abc	1.110 ± 0.122cd	1.773 ± 0.172bc	93.45 ± 7.79a
N_2	W_1	63.48 ± 2.99fg	2.58 ± 0.44bcd	1.057 ± 0.032de	1.072 ± 0.079gh	66.82 ± 9.50def
	W_2	73.86 ± 3.55cd	2.86 ± 0.19abcd	1.178 ± 0.002bc	1.646 ± 0.141c	77.76 ± 7.02bcd
	W_3	82.54 ± 2.43ab	3.73 ± 0.86a	1.250 ± 0.057a	1.960 ± 0.148ab	96.71 ± 6.44a
N_3	W_1	68.65 ± 1.47def	3.26 ± 0.93abc	1.044 ± 0.012de	1.178 ± 0.094fg	68.86 ± 9.85de
	W_2	78.98 ± 3.24bc	3.48 ± 0.67ab	1.221 ± 0.036ab	1.998 ± 0.099a	80.76 ± 6.91bc
	W_3	86.79 ± 4.31a	3.54 ± 0.73ab	1.177 ± 0.047bc	2.154 ± 0.156a	99.46 ± 9.40a
F 值	N	75.44 **	3.03ns	23.218 **	130.793 **	18.68 **
	W	78.27 **	10.57 **	55.030 **	108.106 **	56.04 **
	N × W	0.11ns	2.03ns	6.169 *	1.928ns	0.03ns

2.3 水、氮对滴灌春小麦产量结构及产量的影响

不同水、氮处理对小穗数、穗粒数及产量的影响均达极显著($P < 0.01$)水平。同一灌水或同一施氮量条件下,随施氮量或灌水量增加,小穗数、穗粒数、千粒质量增加,单株产量(包括分蘖成穗)也随之增加(表4);在不同施氮条件下, W_2 和 W_3 处理的小穗数、穗粒数、千粒质量及单株产量的均值分别较 W_1 处理增加了12.06%和24.33%、30.80%和42.26%、9.18%和13.56%、64.47%和86.95%; N_1 、 N_2 、 N_3 施氮处理的均值较 N_0 处理产量分别增加了12.90%~22.71%、3.14%~37.89%、3.05%~7.66%和8.21%~63.23%。

水氮对产量构成因素的影响侧重点不同,氮素对小穗数、穗粒数和单株产量具有极显著的影响,但对千粒质量影响不显著,而水分对产量及其构成因素均有极显著的影响。从水氮对产量构成的影响程度(CV)上看,水分处理的小穗数、穗粒数、千粒质量和单株产量的 CV 分别为10.85%、17.57%、6.43%和29.99%,而氮素处理的分别为8.37%、15.17%、3.47%和22.57%,均小于水分处理,说明在干旱度条件下,水分对产量形成及根冠生长的影响更大。另外从 CV 大小可以看出,水氮对产量构成的影响大小为穗粒数 > 小穗数 > 千粒质量,水氮对穗粒数及单株产量具有极显著的耦合效应,说明穗粒数是干旱区滴灌春小麦易于通过水氮调控而实现增产

的首要因素。从水氮组合处理上看, N_3W_2 产量最高,达1.656 g/株,显著高于其他处理, N_3W_3 和 N_2W_3 处理的产量次之,分别达1.429 g/株和1.374 g/株, N_1W_3 、 N_2W_2 、 N_0W_3 处理产量也达到了1.126、1.084、1.012 g/株,而 N_0W_1 及 N_1W_1 处理最小,仅为0.555 g/株和0.620 g/株。

2.4 水氮对滴灌春小麦水分利用效率及根冠比的影响

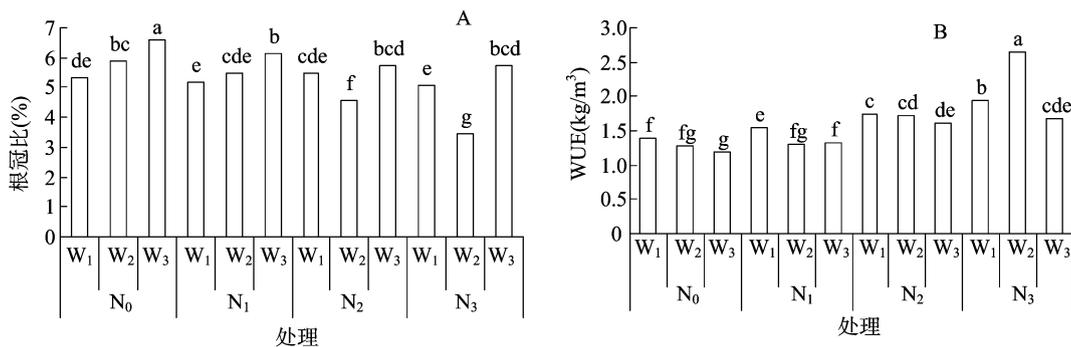
从表5可以看出,水氮供应对根冠比及水分利用效率(WUE)具有极显著影响。由图1可知,同一灌水条件下,随着施氮量增加,根冠比下降而 WUE 增加,说明增施氮肥不利于提高根冠比,但能促进灌溉水的有效利用;在 N_0 、 N_1 条件下,随着灌水量增加,根冠比增加, N_2 、 N_3 条件下,根冠比大小为 $W_3 > W_1 > W_2$ 。随着施氮量增加, WUE 增加,且在中、高氮(N_2 、 N_3 处理)条件下适量水分处理(W_2)时最大,高水条件(W_3)的 WUE 反而下降。从组合处理上看, N_0W_3 的根冠比最大,达6.58%, N_1W_3 、 N_0W_2 、 N_2W_3 、 N_3W_3 、 N_2W_1 、 N_1W_2 处理次之, N_3W_2 最小,仅为3.44%; N_3W_2 的 WUE 最大,达2.64 kg/m³,显著高于其他处理,其次为 N_3W_1 、 N_2W_2 、 N_3W_3 和 N_2W_3 、 N_0W_3 最小,仅为1.18 kg/m³。从水、氮的影响程度上看,根冠比的 CV 分别为11.22%和9.45%,而 WUE 的分别为9.26%和22.31%,说明水分重点影响根冠比而氮素重点影响 WUE 。

表4 不同水氮处理的产量构成、产量及根冠比变化

处理		小穗数	穗粒数	千粒质量 (g)	单株产量 (g)
N ₀	W ₁	10.580 ± 0.891e	14.784 ± 0.656h	39.906 ± 1.534e	0.555 ± 0.018h
	W ₂	11.500 ± 0.680de	18.200 ± 1.030de	41.064 ± 1.986de	0.796 ± 0.043e
	W ₃	13.033 ± 0.993bcde	19.763 ± 1.107d	44.514 ± 1.866abcd	1.012 ± 0.050d
N ₁	W ₁	11.730 ± 0.990cde	15.400 ± 1.050gh	40.142 ± 1.162e	0.620 ± 0.015gh
	W ₂	13.262 ± 0.518abcde	17.136 ± 1.034efg	42.761 ± 1.329bcde	0.811 ± 0.067e
	W ₃	14.651 ± 1.171ab	21.868 ± 1.098bc	46.402 ± 1.722ab	1.126 ± 0.086c
N ₂	W ₁	11.883 ± 0.937cde	16.170 ± 0.840fgh	40.75 ± 1.520de	0.696 ± 0.041fg
	W ₂	13.570 ± 0.860abcd	20.091 ± 1.679cd	45.789 ± 3.649abc	1.084 ± 0.005cd
	W ₃	14.925 ± 0.955ab	22.936 ± 0.034b	47.932 ± 2.862a	1.374 ± 0.018b
N ₃	W ₁	12.842 ± 0.962bcde	17.733 ± 1.263ef	41.677 ± 2.193cde	0.772 ± 0.023ef
	W ₂	14.375 ± 0.905abc	28.400 ± 0.620a	47.769 ± 0.189a	1.656 ± 0.092a
	W ₃	15.870 ± 0.990a	26.600 ± 1.840a	45.651 ± 3.081abc	1.429 ± 0.060b
F 值	N	13.350**	207.784**	3.311ns	190.726**
	W	28.108**	95.615**	21.749**	526.987**
	N × W	0.114ns	8.322**	1.655ns	44.251**

表5 不同水氮条件下滴灌春小麦根冠比及 WUE 的方差分析

差异来源	自由度	残差平方和		残差均方和		F 值		显著性	
		根冠比	WUE	根冠比	WUE	根冠比	WUE	根冠比	WUE
N	3	6.974	3.472	2.325	1.157	50.623	216.272	**	**
W	2	8.744	0.535	4.372	0.268	75.890	51.101	**	**
N × W	6	5.478	1.215	0.913	0.203	15.847	38.660	**	**
误差	16	0.922	0.084	0.058	0.005				



柱上不同小写字母表示处理间差异显著($P < 0.05$)

图1 不同水氮处理滴灌春小麦乳熟期根冠比(A)及水分利用效率(B)比较

3 讨论与结论

水、氮能有效促进作物根冠生长^[10],对于根系,主要体现在促进根干质量和根长方面,且水分效应大于氮肥效应,这与陈娟等的研究结果^[11]一致。根长和根系表面积的水氮耦合效应达极显著水平,说明水氮一体化供应能有效发挥水、氮对根系生长的促进效应,但过多水氮(N₃W₃处理)易造成根系产生生长冗余^[12],只有高氮中水(N₃W₂)处理的根系表面积最大,利于增进根系的吸收功能。对于冠部,水氮的促进作用主要体现在株高、有效分蘖数、地上部干质量及叶面积等方面,水氮耦合能有效促进有效茎蘖形成,增加个体生长质量和生产性能^[13]。

适当增施氮肥或增加灌水量均能促进产量构成因子的增加,但以水分效应为主,水氮对各产量因子的影响大小顺序为

穗粒数 > 小穗数 > 千粒质量,且穗粒数的水氮耦合效应达极显著水平,说明在干旱灌区,保证水分是促进小麦根冠生长的关键,通过水肥一体化技术,适当增施氮肥,主抓穗粒数和收获穗数,是南疆滴灌春小麦高产的关键。

试验表明,增施氮肥,根冠比下降,这种现象在少水条件下尤其明显,这与王艳哲等认为施氮量增加,根量减少的研究结果^[14]一致,而与陈娟等认为的灌水量增加根冠比下降^[11]不同的是,虽然增加灌水量能有效促进地上地下部分生长,但对根系的正效应要大于地上部分,导致高水处理的根冠比较大,这可能是滴灌过多水分会促进形成庞大的根系^[15],从而消耗较多的同化产物,使根质量增加、冠质量减少,这点与杨贵羽等的研究结论^[3-4]较一致。

根冠比与水分利用效率及产量密切相关,多数研究认为,较低的根冠比有利于 WUE 和产量的提高^[16-18],本研究发现,

根冠比(x)与 WUE(y)呈显著线性负相关,其关系方程为 $y_1 = -0.435 2x + 3.951 8$ ($r^2 = 0.769 1^*$),与产量呈现较弱二次多项式关系,其关系方程为 $y_2 = 0.221 4x^2 - 2.343 7x + 7.064$ ($r^2 = 0.406 9$),即随根冠比增加,产量呈先下降后增加

的趋势(图 2),说明提高根冠比并不利于水分的有效利用,但在某种程度上能促进高产的形成,生产中应注意适当增加氮肥及合理的水分供应,协调好根冠生长及水分高效利用的关系,才能实现节水高产。

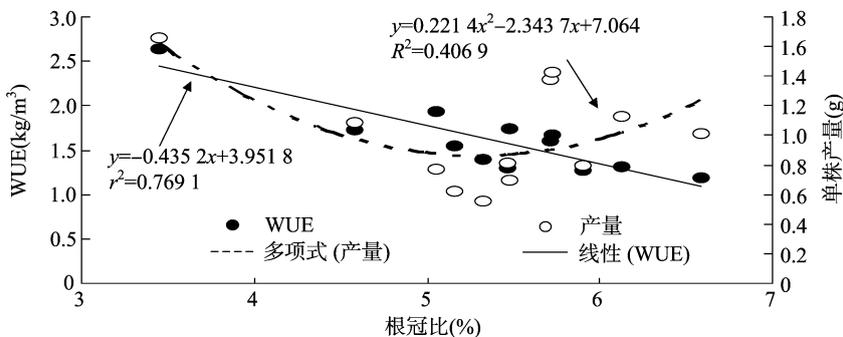


图2 根冠比与水分利用效率及产量的关系

滴施水氮对春小麦根冠具有显著的双向耦合调节效应,并且水分对根冠生长及产量形成的促进效应大于氮素,少氮高水利于根系生长而高氮少水利于冠部生长,追求较高的根冠比虽不利于 WUE 的提高,但能获得较好的产量,故在生产中保证充足灌溉量的基础上,适当增施氮肥,提高根冠比,避免滴灌小麦地上部生长过旺、根系长势不足的缺点^[19],促进高产潜力的发挥。试验得出, N_3W_2 产量显著高于其他处理,达 1.656 g/株,其次是 N_3W_3 和 N_2W_3 处理,分别达 1.429 g/株和 1.374 g/株,说明在灌水量 10.37 ~ 14.14 kg/管(折合 3300 ~ 4500 m^3/hm^2)、施氮量 0.65 ~ 0.87 g/管(折合 207 ~ 276 kg/hm^2) 的范围内均能获得 1.37 ~ 1.66 g/株(折合 7230.2 ~ 8715.2 kg/hm^2) 的较高产量。

参考文献:

[1] 王冀川,高山,徐雅丽,等. 新疆小麦滴灌技术的应用与存在问题[J]. 节水灌溉,2011(9):25-29.

[2] 高志红,陈晓远,罗远培. 不同土壤水分条件下冬小麦根、冠平衡与生长稳定性研究[J]. 中国农业科学,2007,40(3):540-548.

[3] 杨贵羽,罗远培,李保国,等. 不同土壤水分处理对冬小麦根冠生长的影响[J]. 干旱地区农业研究,2003,21(3):104-109.

[4] 张绪成,郭天文,谭雪莲,等. 氮素水平对小麦根-冠生长及水分利用效率的影响[J]. 西北农业学报,2008,17(3):97-102.

[5] 张松超,陈慧,黄振江,等. 水氮耦合对滴灌春小麦干物质积累分配与运转规律的影响[J]. 安徽农业科学,2017,45(19):38-42.

[6] Wang Q, Li F R, Zhang E H, et al. The effects of irrigation and nitrogen application rates on yield of spring wheat (Longfu-920), and water use efficiency and nitrate nitrogen accumulation in soil[J]. Australian Journal of Crop Science,2012,6(4):662-672.

[7] Wang J C, Xu C L, Gao S, et al. Effects of water and nitrogen utilized by means of dripping on growth of root and canopy and matter distribution in spring wheat[J]. Advance Journal of Food and Technology,2013,5(4):474-481.

[8] 张永平,张英华,王志敏. 不同供水条件下冬小麦叶与非叶绿色器官光合日变化特征[J]. 生态学报,2011,31(5):1312-1322.

[9] 蔡昆争. 作物根系生理生态学[M]. 北京:化学工业出版社,2011.

[10] Li W L, Li W D, Li Z Z. Irrigation and fertilizer effects on water use and yield of spring wheat in semi-arid regions[J]. Agricultural Water Management,2004,67(1):35-46.

[11] 陈娟,马忠明,吕晓东,等. 水氮互作对固定道垄作栽培春小麦根系生长及产量的影响[J]. 应用生态学报,2016,27(5):1511-1520.

[12] 李话,张大勇. 半干旱地区春小麦根系形态特征与生长冗余的初步研究[J]. 应用生态学报,1999,10(1):26-30.

[13] 刘红杰,倪永静,任德超,等. 不同灌水次数和施氮量对冬小麦农艺性状及产量的影响[J]. 中国农学通报,2017,33(2):21-28.

[14] 王艳哲,刘秀位,孙宏勇,等. 水氮调控对冬小麦根冠比和水分利用效率的影响研究[J]. 中国生态农业学报,2013,21(3):282-289.

[15] 王冀川,徐雅丽,高山,等. 滴灌条件下根区水分对春小麦根系分布特征及产量的影响[J]. 干旱地区农业研究,2011,29(2):21-26.

[16] Siddique K M, Belford R K, Tennant D. Root:shoot ratios of old and modern, tall and semi-dwarf wheats in a Mediterranean environment[J]. Plant and Soil,1990,121(1):89-98.

[17] 徐国伟,王贺正,翟志华,等. 不同水氮耦合对水稻根系形态生理、产量与氮素利用的影响[J]. 农业工程学报,2015,31(10):132-141.

[18] Ma S C, Li F M, Xu B C, et al. Effect of lowering the root/shoot ratio by pruning roots on water use efficiency and grain yield of winter wheat[J]. Field Crops Research,2010,115(2):158-164.

[19] 孙乾坤,章建新,薛丽华,等. 不同滴灌处理对冬小麦根系生长及干物质积累的影响[J]. 西北农业学报,2016,25(3):372-377.