

研究报告



小麦试验设计。照片为本文作者拍摄。

施用氮钾肥对面包小麦及硬质小麦产量和产量组成部分的影响

Dilek Anaç⁽¹⁾, Cenk Ceyhan Kılıç⁽²⁾, Özlem Gürbüz Kılıç⁽³⁾, Nevin Eryuce⁽¹⁾, Bihter Çolak Esetlili⁽¹⁾,
Gülen Gonca Mersin⁽¹⁾, Barkın Külahtaş⁽¹⁾ and Özgür Çobanoğlu⁽¹⁾

摘要

在土耳其伊兹密尔市的埃格大学 (Ege University) 的试验田进行了不同施用量的氮钾肥对面包小麦 (Galil) 和硬质小麦 (Ege88) 的影响试验。该试验田土壤有效钾含量低, 本试验测量了小麦产量、产量组成部分、基本元素、氮的利用率 (NUE%) 和氮肥的利用率 (Ndff%)。总之, 在同等施肥水平下小麦及秸秆产量均是面包小麦高于硬质小麦的。然而, 最高产量却出现在硬质小麦施用最大量的氮钾肥时。当钾肥的施用量最高时, 两种小麦的氮的利用率也都达到最高, 面包小麦为1%, 硬质小麦为5%。随氮钾肥施

用量的增加氮肥的利用率也增加。就氮肥的施用量来说, 在研究的所有氮的施用水平中, N_1 (150kg N ha^{-1}) 是两种小麦最经济的施用量。对面包小麦品种而言, 在土耳其的埃格地区, 当钾肥的施用量为0, 降水量低于244mm时, 土壤中的钾是足够的。另一方面, 当氮的施用量为 $N_{1.5}$ (225kg N ha^{-1}) 时, 硬质小麦的小麦及秸秆产量随钾肥的施用而明显

⁽¹⁾Ege University, 农学系, Bornova, Izmir, Turkey

⁽²⁾Ege University, Bayındır 职业培训学院, Bayındır, Izmir, Turkey

⁽³⁾Celal Bayar University, Akhisar 职业培训学院, Akhisar, Manisa, Turkey

通讯作者: dilek.anac@ege.edu.tr

增加。当氮钾肥施用量最高, 即分别为225kg N ha⁻¹、225kg K ha⁻¹时, 对这一品种而言是经济上可行的。

引言

面包是土耳其的主食, 这里不仅栽培面包小麦, 也栽培硬质小麦。硬质小麦的面粉一般被用来制作意大利面和饼干, 消费也较大。总之, 据不完全统计, 每年小麦产量大约有0.22亿t, 面包小麦的平均产量大约为7 t ha⁻¹, 在缺水干旱 (降水量150~200mm) 条件下产量会下降到小于3 t ha⁻¹。对于硬质小麦而言, Ayçiçek and Yıldırım(2006)研究发现在降水量小于400mm时, 产量高于3 t ha⁻¹。小麦生产中肥料使用情况大致为, 磷酸氢二铵 (DAP), (20: 20: 0) 磷钾复合肥、尿素、硝酸铵钙 (CAN)、硝酸铵 (AN)。这些肥料通常用在旱作条件下, 当降水量高于500mm时, 推荐施用硝酸铵钙、氮磷钾的三元复合肥 (15: 15: 15), 钾用氯化钾, 也可配施锌肥基施。

本试验的目的就是研究同时增施氮钾肥对两种小麦 (面包小麦和硬质小麦) 主要农艺性状, 养分含量和氮肥利用率的影响。

材料与amp;方法

2012年在埃格大学的试验田安排了面包小麦和硬质小麦上施用不同量的氮钾肥的试验。该地块位于北纬28°, 东经27°, 海拔44m, 年降水量244mm, 属旱作条件。试验土壤属于典型的Xerofluvent土壤, 弱碱性, 砂壤土, 富含CaCO₃, 有机质含量低, 盐度正常, 全氮量中等、钾含量低, 磷缺乏, 具体化验数据见表1。

有关土壤分析化验方法如下: pH (Jackson,1967), 水溶盐 (Anonymous, 2004), CaCO₃ (Çağlar,1949), 土壤质地和有机质 (Black, 1965), 全氮 (Bremner,1965), 水溶性磷 (Bingham, 1949), 交换性钾 (1 N NH₄OAc; pH=7), 浸提的钾、钙、钠、镁(Pratt, 1965; Thomas, 1982)。本试验选用了2个小麦品种, 面包小麦Galil, 硬质小麦Ege88。Galil品种的平均千粒重为42g, 抗旱, 产量高, 面粉适宜生产面包。Ege88品种的平均千粒重稍高, 为45~48g, 抗寒, 抗旱, 抗倒伏, 早熟。同时该品种对肥力要求不高, 即使在低肥力条件下产量也不会下降(Unsal et al., 2009; Anonymous, 2014b)。

试验采用4个重复的随机区组设计, 4个氮的施用水平为: N₀ (0), N_{0.5} (75 kg ha⁻¹), N₁ (150 kg ha⁻¹), N_{1.5} (225 kg ha⁻¹)。3个钾的施用水平: K₀ (0), K₁ (150 kg K₂O ha⁻¹)、K_{1.5} (225 kg K₂O ha⁻¹)。氮肥选择硫酸铵((NH₄)₂SO₄), 钾肥选择硫酸钾(K₂SO₄), 其中N₁和K₀是根据当地小麦生产化验分析所需养分的推荐施用量。1/3的氮肥作为种肥施用, 剩余的在分蘖期追施。整地的时候把磷钾肥和1/3的氮肥一起施入

表1. 试验地土壤理化性状

	单位	值
元素		
水溶性盐	%	0.027
pH		7.64
有机质	%	1.27
质地		砂质壤土
CaCO ₃	%	11.90
总氮	%	0.09
有效态养分含量		
P	mg kg ⁻¹	0.16
K	mg kg ⁻¹	183
Na	mg kg ⁻¹	71
Ca	mg kg ⁻¹	2,802
Mg	mg kg ⁻¹	186

土壤, 磷肥选择重过磷酸钙, 施用量为100 kg ha⁻¹P₂O₅。在N_{0.5} (75 kg ha⁻¹)和N_{1.5} (225 kg ha⁻¹)中硫酸铵中的氮用¹⁵N标记, 以计算小麦植株氮的利用率,详细的调查结果可参考2013年植物营养大会的汇编 (Colak Esetlili et al.,2013)。

植株中氮磷钾和锌的含量测定参照Kacar(1972)。粗蛋白的含量计算按照植株中氮的浓度乘以系数6.25。蛋白组分的划分按照MAES的方法依据溶解度不同进行划分 (Maes,1962)。氮的利用率计算就是植物从肥料中吸收的氮元素的量占植株体全氮含量的百分比, 这通过用¹⁵N标记氮肥, 检测植株中的¹⁵N含量, 植株干物质燃烧后通过质谱分析法测定 (Axmann et al., 1990; Halitligil et al., 2009)。

用软件SPSS 15.0 进行数据统计分析。

结果与amp;讨论

产量和产量组成部分

由表2可见, 面包小麦Galil的小麦籽粒最低产量出现在处理N₀K_{1.0} (氮肥施用量为0, 钾肥施用量为150 kg K₂O ha⁻¹) 上, 为1590 kg ha⁻¹, 该处理秸秆的产量为1750 kg ha⁻¹, 也是最低的。面包小麦Galil的小麦籽粒和秸秆的最高产量出现在处理N_{1.5}K₀ (氮肥施用量225 kg ha⁻¹ N, 钾肥施用量为0), 分别为4610 kg ha⁻¹、4900 kg ha⁻¹。硬质小麦Ege88的小麦籽粒和秸秆最低产量出现在处理N₀K₀ (氮钾肥的施用量均为0) 均为1600 kg ha⁻¹, 小麦籽粒和秸秆最高产量出现在处理N_{1.5}K_{1.5} (氮钾肥的施用量最高), 分别为4690 kg ha⁻¹和4500 kg ha⁻¹。

两个小麦品种在所有施钾肥的条件下产量随着氮肥施用量的增加而增加, 不同处理之间差异显著, 然而, 面包小麦在施用氮肥的条件下产量随钾肥施用量的增加差

异不显著, 硬质小麦的产量却随钾肥的施用量而增加。我们关于硬质小麦产量的研究结果与别的科学家在本地区不同地点研究的相同品种产量结果相似 (Dinçer, 1972; Alpaslan, M., 2001; Ünsal *et al.*, 2009)。因此, 为了使面包小麦的籽粒及秸秆获得更高的产量, 推荐150 kg ha⁻¹的氮肥施用量作为埃格地区最经济的氮肥施用量。另一方面, 对于硬质小麦来说, 既然产量随氮钾施用量增加而增加, 可以考虑施用更高量的氮钾肥。

在3个钾肥施水平下, 两个品种的千粒重随氮肥的施用量增加而增加。千粒重随钾肥的施用量变化不大, 但是硬质小麦的千粒重高于面包小麦。因此最高产量出现在硬质小麦的 N_{1.5}K_{1.5} 处理。由表3可以看出, 面包小麦的千粒重在42.7~48.1g, 硬质小麦为47.4~56.1g。试验数据显示, 千粒重品种间的差异明显超过氮钾肥施用带来的影响, 这与其他人的相关研究一致 (Hussain *et al.*, 1996)。

由表4可以看出, 面包小麦和硬质小麦的粗蛋白含量分别为11.8%~13.2%, 10.8%~14.4%。试验发现钾肥的施用量对这两个品种的小麦粗蛋白含量影响不大, 然而对于硬质小麦而言, 施用氮肥能明显增加粗蛋白的含量。

有关研究称, 小麦生长期氮肥的施用量的变化、高温, 都能引起小麦籽粒中麦胶蛋白和麦谷蛋白的百分含量的变化, 但是各研究结果不一致, 还有很多未解的问题 (Dupont *et al.*, 2006), 但是这里有明显的证据证明, 小麦籽粒胚乳中的两种储藏蛋白的含量变化影响小麦的质量。麦胶蛋白分子量低, 不含二硫键, 不适合烤面包 (烘焙质量差)。相反, 麦谷蛋白多链, 分子量大, 包含了较多的二硫键, 弹力高, 韧性好, 适宜烤面包 (可见Mengel and Kirkby, 2001)。

表2. 面包小麦和硬质小麦品种籽粒和秸秆产量

氮素水平	籽粒产量			秸秆产量		
	K ₀	K _{1.0}	K _{1.5}	K ₀	K _{1.0}	K _{1.5}
-----kg ha ⁻¹ -----						
面包小麦 (cv. Galil)						
N ₀	1,840 c	1,590 c	1,840 c	2,040 b	1,750 c	2,190 c
N _{0.5}	2,590 b	2,820 b	3,100 b	3,010 b	2,900 b	3,290 b
N _{1.0}	4,150 a	4,410 a	4,140 a	4,360 a	4820 a	4,330 ab
N _{1.5}	4,610 a	4,460 a	4,290 a	4,900 a	4,900 a	4,400 a
N _{LSD}	56.67 ⁽²⁾			80.98 ⁽²⁾		
K _{LSD}	ns ⁽³⁾			ns ⁽³⁾		
NxK _{LSD}	73.12 ⁽¹⁾			104.49 ⁽¹⁾		
硬质小麦 (cv. Ege 88)						
N ₀	1,600 b	1,670 c	2,010 c	1,600 b	1,740 b	1,930 c
N _{0.5}	2,330 b	2,700 b	3,030 b	2,080 b	2,520 b	2,810 b
N _{1.0}	3,380 a	3,960 a	4,050 a	3,380 a	3,960 a	3,720 a
N _{1.5}	3,830 a B	4,320 a AB	4,690 a A	3,490 a B	4,110 a AB	4,500 a A
N _{LSD}	64.19 ⁽²⁾			67.09 ⁽²⁾		
K _{LSD}	55.59 ⁽²⁾			43.28 ⁽¹⁾		
NxK _{LSD}	82.83 ⁽¹⁾			86.57 ⁽¹⁾		

注: 同列数字后小写字母表示不断升高的施氮处理; 大写字母表示施钾处理。

⁽¹⁾P<0.05; ⁽²⁾P<0.01; ⁽³⁾ns=差异不显著

表3. 面包小麦和硬质小麦的千粒重

施氮水平	千粒重					
	面包小麦 (cv. Galil)			硬质小麦 (cv. Ege 88)		
	K ₀	K _{1.0}	K _{1.5}	K ₀	K _{1.0}	K _{1.5}
-----g-----						
N ₀	42.8 c	42.7 b	43.4 a	47.4 b	49.3 b	48.2 c
N _{0.5}	43.3 bc B	46.6 a A	46.2 a B	53.0 a	52.0 ab	51.6 b
N _{1.0}	46.0 ab	48.1 a	45.6 a	53.7 a	55.1 a	55.0 a
N _{1.5}	47.1 a	45.2 ab	46.2 a	54.1 a	55.0 a	56.1 a
N _{LSD}	2.39 ⁽²⁾			2.49 ⁽²⁾		
K _{LSD}	ns ⁽³⁾			ns ⁽³⁾		
NxK _{LSD}	3.08 ⁽¹⁾			3.22 ⁽¹⁾		

注: 同列数字后小写字母表示不断升高的施氮处理; 大写字母表示施钾处理。

⁽¹⁾P<0.05; ⁽²⁾P<0.01; ⁽³⁾ns=差异不显著

表4. 面包小麦和硬质小麦的粗蛋白含量 (%)

氮素水平	粗蛋白					
	面包小麦 (cv. Galil)			硬质小麦 (cv. Ege 88)		
	K ₀	K _{1.0}	K _{1.5}	K ₀	K _{1.0}	K _{1.5}
-----%-----						
N ₀	12.2 ab	12.1	13.2 a	11.8 b	12.5 ab	12.3 ab
N _{0.5}	12.1 ab	11.8	11.6 b	11.7 b	11.0 b	10.7 b
N _{1.0}	11.2 b B	12.8 A	12.0 ab AB	13.4 ab	12.5 ab	12.4 ab
N _{1.5}	13.1 a	13.1	12.9 ab	14.2 a	13.8 a	14.4 a
N _{LSD}	0.88 ⁽¹⁾			1.87 ⁽²⁾		
K _{LSD}	ns ⁽³⁾			ns ⁽³⁾		
NxK _{LSD}	1.57 ⁽¹⁾			2.41 ⁽¹⁾		

注: 同列数字后小写字母表示不断升高的施氮处理; 大写字母表示施钾处理。

⁽¹⁾P<0.05; ⁽²⁾P<0.01; ⁽³⁾ns=差异不显著

表5. 面包小麦和硬质小麦的含氮量 (N %)

氮素水平	含氮量					
	面包小麦 (cv. Galil)			硬质小麦 (cv. Ege 88)		
	K ₀	K _{1.0}	K _{1.5}	K ₀	K _{1.0}	K _{1.5}
	-----%-----					
N ₀	1.95 ab	1.93	2.11 a	1.88 b	2.00 ab	1.97 ab
N _{0.5}	1.93 ab	1.88	1.86 b	1.87 b	1.76 b	1.72 b
N _{1.0}	1.80 b A	2.04 A	1.91 ab AB	2.15 ab	2.00 ab	1.98 ab
N _{1.5}	2.10 a	2.09	2.06 ab	2.28 a	2.21 a	2.30 a
N _{LSD}	0.14 ⁽¹⁾			0.30 ⁽²⁾		
K _{LSD}	ns ⁽³⁾			ns ⁽³⁾		
NxK _{LSD}	0.24 ⁽¹⁾			0.38 ⁽¹⁾		

注：同列数字后小写字母表示不断升高的施氮处理；大写字母表示施钾处理。

⁽¹⁾P<0.05; ⁽²⁾P<0.01; ⁽³⁾ns=差异不显著

表6. 面包小麦和硬质小麦的含钾量 (K %)

氮素水平	含氮量					
	面包小麦 (cv. Galil)			硬质小麦 (cv. Ege 88)		
	K ₀	K _{1.0}	K _{1.5}	K ₀	K _{1.0}	K _{1.5}
	-----%-----					
N ₀	0.34	0.33 b	0.33	0.37	0.37 b	0.38
N _{0.5}	0.32	0.32 b	0.32	0.39	0.40 ab	0.41
N _{1.0}	0.34 AB	0.36 a A	0.33 B	0.39	0.41 ab	0.41
N _{1.5}	0.32	0.33 ab	0.34	0.40	0.41 a	0.41
N _{LSD}	0.016 ⁽¹⁾			0.021 ⁽¹⁾		
K _{LSD}	ns ⁽³⁾			ns ⁽³⁾		
NxK _{LSD}	0.027 ⁽¹⁾			0.037 ⁽¹⁾		

注：同列数字后小写字母表示不断升高的施氮处理；大写字母表示施钾处理。

⁽¹⁾P<0.05; ⁽²⁾P<0.01; ⁽³⁾ns=差异不显著

表7. 面包小麦和硬质小麦籽粒的蛋白质分段 (mg 100⁻¹ 面粉)

施氮水平	白蛋白			球蛋白		
	K ₀	K _{1.0}	K _{1.5}	K ₀	K _{1.0}	K _{1.5}
	-----mg 100 g ⁻¹ 面粉-----					
	面包小麦 (cv. Galil)					
N ₀	128	152	140	70	189	196
N _{0.5}	187	163	169	140	196	224
N _{1.0}	187	198	198	266	161	189
N _{1.5}	146	187	175	252	259	287
	硬质小麦 (cv. Ege 88)					
N ₀	217	277	300	182	238	245
N _{0.5}	270	239	226	273	238	183
N _{1.0}	326	464	314	224	280	306
N _{1.5}	181	270	251	265	252	308

化学元素构成

由表4和表5可见，小麦籽粒中氮的含量，面包小麦为1.80%~2.11%，硬质小麦为1.72%~2.30%。硬质小麦粗蛋白的含量随小麦籽粒氮的含量变化而变化。然而，没有确

N_{1.5}K_{1.5}处理。这里需要强调一下硬质小麦的最高产量也是N_{1.5}K_{1.5}处理，两个小麦品种中小麦籽粒中白蛋白含量最高的均出现在N₁K₁处理。

切的数据表明钾肥施用会对两种小麦的籽粒氮及粗蛋白含量产生影响。

两种小麦的籽粒中磷的含量随氮肥的施用量增加而降低，其中硬质小麦籽粒中磷的最高浓度出现在不施用氮肥的地块(N₀)。面包小麦和硬质小麦籽粒中磷含量分别为：0.26%~0.27%，0.27%~0.29%。

当氮肥钾肥的施用量增加时，硬质小麦籽粒中的钾素含量也会增加。由表6可见，面包小麦和硬质小麦籽粒中钾含量分别为：0.32%~0.36%，0.37%~0.41%。总之，硬质小麦籽粒中钾素含量相对高一点，并且与小麦增产的趋势一致。

小麦籽粒中锌含量随氮肥施用量的增加而减少，面包小麦和硬质小麦籽粒中锌含量分别为：26~31 mg kg⁻¹，25~40 mg kg⁻¹。另一方面，小麦籽粒中锌含量随钾肥施用量的增加而增加。最重要的是，所有处理的小麦籽粒中锌的测量值均高于小麦籽粒锌的临界值(15 mg kg⁻¹)，这个临界值涉及到小麦籽粒中锌含量与维持人类健康的重要联系，因为对世界上绝大多数国家的人类而言，当然包括土耳其，小麦是日常饮食锌摄入的重要来源。

蛋白组成

由表7可以看出，每100g面包小麦磨的面粉中白蛋白的含量为128~198mg，而硬质小麦的为181~404mg。关于球蛋白，每100g面包小麦和硬质小麦磨的面粉中的含量分别为70~287mg，182~308mg。

总之，增加氮钾肥的施用量与小麦籽粒中蛋白分段之间没有明显稳定的联系，然而，两个小麦品种，球蛋白含量最低的是K₀N₀处理，最高的是

氮肥利用率 (NUE) 和植株吸收肥料中的氮素量 (Ndff)

氮肥利用率 (NUE) 即为植株从肥料中吸收的氮素量 (Ndff) 与氮肥施用量的比值。目前的研究发现, 2 个小麦品种均是在氮肥施用量低时, 氮肥利用率 (NUE) 较高。另一方面, 两种小麦品种的氮肥利用率 (NUE) 均是随钾肥施用量的增加而增加。最高的氮肥利用率 (NUE) 出现在 $N_{0.5}K_{1.5}$ 处理, 即钾肥施用量最高 ($225 \text{ kg ha}^{-1} K_2O$), 氮肥施用量较低 (75 kg ha^{-1})。由表8可见, 麦秸从肥料中吸收的氮素 (Ndff) 低, 而小麦籽粒从肥料中吸收的氮素 (Ndff) 高, 随氮钾肥料施用量的增加, 这种现象越发明显。本试验数据显示, 试验中各不同肥料施用量处理, 面包小麦的氮肥利用率 (NUE) 高于硬质小麦的氮肥利用率。

随植物生长的需求不仅氮的施用量要最优化, 施用时间和方法也应该根据降雨条件追求最佳化, 这样可以避免氮的淋失, 降低环境污染(Limon-Ortega *et al.*, 2000; Velasco *et al.*, 2012; Silva *et al.*, 2014)。这对提高氮的利用率 (NUE) 和植株吸收肥料中的氮素量 (Ndff) 也非常重要(Kacar, 1984)。

钾是一种重要的植物必需营养元素, 协同氮素参与了植株的各种生理学过程, 在水分调节、促进养分吸收、新陈代谢方面扮演重要的角色。根据土壤化验分析结果和植株需求, 在施用肥料推荐中应包含钾的施用(Mengel and Kirkby, 2001)。

结论

通过试验可以断定氮肥的施用量为 150 kg ha^{-1} 时, 是面包小麦和硬质小麦统计学上最经济的施用量。关于钾肥的施用, 处于埃格地区的干旱条件下生长面包小麦, 土壤中的钾素是充分的, 另一方面, 既然硬质小麦的产量随钾肥施用量的增加而增加, 可推荐试用高的钾肥施用量, 如果经济上允许, 那么可以考虑 $150 \sim 225 \text{ kg ha}^{-1} K_2O$ 的施用量。试验结果也显示, 在该钾肥施用水平上小麦籽粒中的球蛋白含量也是最高的。同时需要指出的是, 对比麦秸, 小麦籽粒的Ndff高, 随氮钾肥施用量的增加, Ndff也变高。

感谢

本研究得到国际钾肥研究所的部分资助。

表8. 面包小麦和硬质小麦籽粒和秸秆吸收肥料中的氮素量 (Ndff) 及氮素利用率 (%)

处理	植株吸收肥料中的氮素量		氮素利用率
	%		
	籽粒	秸秆	
面包小麦 (cv. Galil)			
N _{0.5} K ₀	25.79 b	25.28 bc	19.20 bc
N _{0.5} K _{1.0}	26.38 b	28.03 ab	22.16 ab
N _{0.5} K _{1.5}	26.81 b	29.44 a	24.74 a
N _{1.5} K ₀	29.68 a	19.97 d	15.20 cd
N _{1.5} K _{1.0}	29.84 a	23.19 cd	15.84 cd
N _{1.5} K _{1.5}	30.47a	22.41 cd	13.87 d
Treatments LSD	1.39 ⁽²⁾	4.60 ⁽²⁾	5.07 ⁽²⁾
硬质小麦 (cv. Ege 88)			
N _{0.5} K ₀	26.42 b	26.10 a	16.24 ab
N _{0.5} K _{1.0}	26.18 b	27.28 a	19.35 a
N _{0.5} K _{1.5}	24.84 bc	28.44 a	21.14 a
N _{1.5} K ₀	22.48 c	20.13 b	9.61 c
N _{1.5} K _{1.0}	29.72 a	16.22 c	12.60 bc
N _{1.5} K _{1.5}	31.01 a	19.77 b	16.82 ab
Treatments LSD	2.86 ⁽²⁾	2.48 ⁽²⁾	6.00 ⁽¹⁾

注: 同列数字后小写字母表示不断升高的施氮处理;

⁽¹⁾ $P < 0.05$; ⁽²⁾ $P < 0.01$; ⁽³⁾ns=差异不显著

参考文献

- Anonymous. 2014a. Turkish Statistical Institute. <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist> (access date: 17.05.2014)
- Anonymous. 2014b. (online) available at <http://www.maro.com.tr>
- Anonymous. 2004. Soil Survey Investigations Report No. 42 Version 4.0. USDA Natural Resources Conservation Service. http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/lb/ciencias_agronomicas/u200841111ssir_42_v4.pdf
- Axmann, H., A. Sebastianelli, and J.L. Arrillaga. 1990. Sample Preparation Techniques of Biological Material for Isotope Analysis. Use of Nuclear Techniques in Studies of Soil-Plant Relationships (Hardarson, G. ed.). International Atomic Energy Agency, Vienna. p. 41-53.
- Alpaslan, M. 2001. Nitrogen, Phosphorus and Potassium Using Efficiency of Wheat Genotypes. Journal of Agricultural Sciences 7(3):122-127.
- Ayçiçek, M., and T. Yıldırım. 2006. The Yield Abilities of Some Durum Wheat (*Triticum turgidum* var. durum L.) Genotypes in Erzurum Conditions. Science and Eng. J. of Firat University (2):151-157.
- Bingham, F.T. 1949. Soil Tests for Phosphate. Agriculture 3:11-14.
- Black, C.A. 1965. Methods of Soil Analysis. Part 2. American Society of Agronomy: Madison, Wis.
- Bremner, J.M. 1965. Total Nitrogen. In: Black, C.A. (ed.). Methods of Soil Analysis, Part 2, American Society of Agronomy, Madison, p. 1149-1178.
- Çağlar, K.Ö. 1949. Soil Science. Ankara University, Agricultural Faculty, Turkey. No. 10.

- Çolak Esetlili, B., D. Anaç, N. Eryuce, C.C. Kılıç, Ö. Gürbüz Kılıç, and Ö. Çobanoğlu. 2013. Nitrogen Use by Different Wheat Varieties under Different Nitrogen and Potassium Fertilization Rates. (IPNC '13). XVII. Int. Plant Nutrition Colloquium. 19-22 August 2013. Istanbul, Turkey.
- Dinçer, N. 1972. The Researches on: Effect of Nitrogen Fertilizer and Sowing Density on Bread and Durum Wheat Yield and Yield Components and Some Agronomic Characters. PhD. Thesis, İzmir, 147 p.
- Dupont, F.M., W.J. Hurkmana, W.H. Vensel, C. Tanaka, K.M. Kothari, O.K. Chungb, and S.B. Altenbach. 2006. Protein Accumulation and Composition in Wheat Grains: Effects of Mineral Nutrients and High Temperature. *Europe. J. Agronomy* 25:96-107.
- Halitligil, M.B., A. Akın, N. Bilgin, Y. Deniz, K. Öğretir, B. Altınel, and Y. Işık. 2009. Effect of Nitrogen Fertilization on Yield and Nitrogen and Water Use Efficiencies of Winter Wheat (Durum and Bread) Varieties Grown under Conditions Found in Central Anatolia. *Biol. Fertil. Soils*, 31:175-182.
- Hussain, G., A.A. Al-Jaloud, and S. Karimulla. 1996. Effect of Treated Effluent Irrigation and Nitrogen Yield and Nitrogen Use Efficiency of Wheat. *Agricultural Water Management* 30:175-184.
- IPNI. 2014. What's New in Zinc and Some Critical Reminders. <http://anz.ipni.net/article/ANZ-3200>.
- Jackson, M.L. 1967. *Soil Chemical Analysis*, Ed. Prentice. Hall of India Private Limited, New Delhi. p. 205.
- Kacar, B. 1972. *Plant and Soil Chemical Analysis II. Plant Analysis*, Ankara Univ. Agr. Fac. Pub:453 (in Turkish).
- Kacar, B. 1984. *Plant Nutrition Practice Guide*. Ankara Univ. Agr. Fac. Pub:899. Practice Guides:250. (in Turkish).
- Limon-Ortega, A., K.D. Sayre, and C.A. Francis. 2000. Wheat Nitrogen Use Efficiency in a Bed Planting System in Northwest Mexico. *Agron. J.* 92:303-308.
- Maes, E. 1962. Mehleisloslichkeit und Bacqualitat. III. Continuerliche, progressive Extraktion. *Getreide Mehl* 6 (12):70-72.
- Mengel, K., and E.A. Kirkby. 2001. *Principles of Plant Nutrition*. 5th ed., Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Pratt, P.F. 1965. Potassium. In: Black, C.A. (ed.). *Methods of Soil Analysis, Part 2*. American Society of Agronomy Inc. Publisher Madison, Wisconsin, USA, 1010-1022.
- Silva, C.L., G. Benin, E. Bornhofen, E. Beche, M.H. Todeschini, and A.S. Milioli. 2014. Nitrogen Use Efficiency is Associated with Chlorophyll Content in Brazilian Spring Wheat. *Australian J. Crop Sci.* 8(6):957-964.
- Thomas, G.W. 1982. Exchangeable Cations. In: Black, C.A. (ed.). *Methods of Soil Analysis, Part 2*. Agronomy No. 9. Am. Soc. of Agron. Inc., Madison, WI. p. 159-161.
- Ünsal, R., H. Geren, and I. Sevim. 2009. Yield Performance and Stability of Some Durum Wheat Varieties under Aegean Region Conditions. *Anadolu J. of AARI* 19(1):14-23.
- Velasco, J.L., H.S. Rozas, H.E. Echeverría, and P.A. Barbieri. 2012. Optimizing Fertilizer Nitrogen Use Efficiency by Intensively Managed Spring Wheat in Humid Regions: Effect of Split Application.

“施用氮钾肥对面包小麦及硬质小麦产量和产量组成部分的影响”这篇文章还可以在IPNI官网上阅读下载：
[区域活动/WANA](#)