التداخل بين التركيب الوراثي والبيئة في الرز الهوائي المزروع في عدة مناطق من العالم

فوزي زياد عزو عبد الكريم حايف كاظم عبد الجليل رحيم عبود
مركز تكنولوجيا البذور/وزارة العلوم والتكنولوجيا

الملخص

نفذت هذه الدراسة في محطة ابحاث التويثه/مركز تكنولوجيا البذور/وزارة العلوم والتكنولوجيا لتقييم 61 تركيب وراثي من الرز الهوائي مدخل من المعهد الدولي لابحاث الرز IRRI في الفلبيين ونفس التراكيب الوراثية زرعت في 7 بيئات مختلفة ضمن دولتين هي الصين والهند خلال الموسم الزراعي 2009. استخدم تحليل التركيب الوراثي + التركيب الوراثي × البيئة (GGE) لتقييم صفتي التبكير في التزهير وحاصل الحبوب (طن/هكتار). اظهرت النتائج استقرار وتفوق التراكيب الوراثية (2، 3، 4 و 10) لصفتي التبكير في التزهير وحاصل الحبوب (طن/هكتار) وملائمتها للبيئة H (الهند).

INTERACTION BETWEEN GENPTYPES AND ENVIRONMENT IN AEROBIC RICE CULTIVATE IN SEVERAL EREA OF THE WORLD

Fawzi Z. Azzo Abd Al-Karem H. Kadim Abd Al-Jalel R. Abod
Seed Technology Center/Ministry of Science and Technology

ABSTRACT

This study was carried out in the Tuwaitha research station/Seed Technology Center/Ministry of Science and Technology to assess 61 aerobic rice genotypes introduced from International Rice Research Institute IRRI in Philippines where the same genotypes were planted in 7 different environments in the two countries China and India during the agricultural season 2009. Genotypes + Genotype x Environment (GGE) were used to evaluate two characters which were early flowering and grain yield (t/ha). The results showed that genotypes (2, 3, 4, and 10) were stable and superior in grain yield (t/ha), early flowering, and suitable in H environment (India).

المقدمة

يعد الرز الهوائي من التضريبات الحديثة من الرز حيث نجح كل من الباحثين في الفلبين واندونيسيا وكولومبيا من استنباط اصناف من الرز الهوائي من خلال التهجين بين الرز الياباني والهندي في منتصف الثمانينات من القرن الماضي (Bouman، 2007) في حين تمكن الباحثون الصينيون من استنباط اصناف من الرز الهوائي من تهجين رز المناطق المرتفعة Upland ورز المناطق المنخفضة Lowland (Huaqi وآخرون، 2002 و Bouman وآخرون، 2007) ويتميز هذ التضريب من الرز بالحاصل العالي الذي يصل من 4 – 6 (طن/هكتار) وتحمله للجفاف كما يمتاز بنمو الجنين في ظروف هوائية حيث اشار Narsai وآخرون (2009) إلى ان 10 فعاليات ايضية تحدث في فترة الانبات كانت هوائية وتضمن عمل 1136 جين في حين كانت هناك 13 فعالية ايضية لاهوائية شملت 730 جين من اصل 110 فعالية ايضية و9596 جين وان عمل هذه الجينات الهوائية يتوقف بعدم وجود الهواء وعكس الحالة في جينات الفعاليات الايضية اللاهوائية.

أن استخدام تحليل التركيب الوراثي + التركيب الوراثي × البيئة (GGE) هو من أفضل الطرق لدراسة العلاقة بين التراكيب الوراثية والبيئة والتجارب التي تعتمد على عاملين، ويتكون من رسوم Biplot مكونة من قيم PCA1 و PCA2 إذ يمثل PCA1 التراكيب الوراثية ضمن المواقع بينما PCA2 يمثل التراكيب الوراثية غير المناسبة للمواقع وقد وضع Yan (1999) هذا التحليل.

يعمل GGE حسب ما ذكره Yan (2001 و 2002) على:-

1 – تصنيف التراكيب الوراثية مستنداً على أدائها في أي البيئات من بيئات الدراسة.

2 – تصنيف البيئات اعتماداً على الأداء النسبي للتراكيب الوراثية قيد الدراسة.

3 – تحديد أفضل تركيب وراثي في كل بيئة.

4 – تقييم التركيب الوراثي على أساس متوسط الحاصل والاستقرار.

5 – تقييم البيئة على أساس قدرة تمييز وتمثيل هذه البيئة.

فسر مجموع مربعات PCA1 55.6% من مجموع مربعات تداخل التركيب الوراثي × البيئة بينما فسرت مجموع مربعات PCA2 21.7% من مجموع مربعات التداخل وكانت التراكيب الوراثية متواجدة بعيدة عن نقطة تقاطع المحورين PCA1 و PCA2 بينما البيئات كانت قريبة إلى نقطة التقاطع (Samonte وآخرون، 2005). تواجدت التراكيب الوراثية المتفوقة بالحاصل والمتأقلمة لبيئات الهدف بعيد عن نقطة تقاطع المحورين PCA1 و PCA2 (Mahalingam وآخرون، 2006). لاحظ Rashid وآخرون (2008) تجمع اصناف واباء الرز البسمتي يمين الشكل اما الطفرات غير المستقرة فكانت يسار الشكل. كان التراكيب الوراثية من الرز أكثر ملائمة للبيئات كلما ابتعدت عن نقطة تقاطع المحورين PCA1 و PCA2 وعند رسم شكل يصل بين التراكيب الوراثية فالبيئات الملائمة لهذه التراكيب الوراثية تكون خارج هذا الشكل (Samonte وآخرون، 2008). أشار Muthuramu وآخرون (2011) إلى ان التراكيب الوراثية الاقرب إلى نقطة تقاطع المحورين PCA1 و PCA2 تدل على حساسيتها للجفاف وكلما ابتعدت دل ذلك على تحملها للجفاف. كانت البيئات الملائمة للتراكيب الوراثية الاغنى بالحديد في زوايا الشكل وقد فسر مجموع مربعات PCA1 70.4% من مجموع مربعات التداخل بينما مجموع مربعات PCA2 فسر 15.36% من مجموع مربعات التداخل (Suwarte و Nasrullah، 2011).

يهدف البحث إلى تقييم تراكيب وراثية من الرز الهوائي في بيئات مشاتل مختلفة في العالم وتحديد التراكيب الوراثية المبكرة في التزهير وذات حاصل حبوبي عالي اعتماداً على تحليل التركيب الوراثي + التركيب الوراثي × البيئة (GGE).

المواد وطرق العمل

نفذت هذه الدراسة خلال الموسم الزراعي 2009 في محطة ابحاث التويثه التابعة لمركز تكنولوجيا البذور/وزارة العلوم والتكنولوجيا. زرعت بذور 61 تراكيب وراثي من الرز الهوائي المدخل من المعهد الدولي لأبحاث الرز IRRI باعتماد طريقة الزراعة الجافة بتاريخ 2009/6/14 بواقع 4 خطوط لكل تركيب وراثي وبطول 3م للخط الواحد وفق مواصفات المعهد الدولي لأبحاث الرز IRRI (مكرر واحد لكل تركيب وراثي). سمدت التجربة بالسماد المركب NP 27:27 وبكمية 200 كغم/هكتار كدفعة أولى عند الزراعة ثم سمدت التجربة بسماد اليوريا (N 46%) وبكمية 120 كغم/هكتار كدفعة ثانية في مرحلة التفرعات وفقاً لتوصيات وزارة الزراعة العراقية. نفذت نفس التجربة في 7 بيئات خارج العراق شملت دولتين هما الهند والصين وبتوقيتات مختلفة تبعاً لموعد الزراعة لكل منطقة اجرية عمليات خدمة التربة من تسميد وري ومكافحة ادغال حسب توصيات وزارة الزراعة لكل من الهند والصين وجدول (1) يبين أسماء المواقع. بلغ عدد الوحدات التجريبية 488 وحدة.

استخدم تصميم القطاعات العشوائية الكاملة RCBD إذ اعتبرت المواقع (البيئات) كمكررات للتجربة والتراكيب الوراثية هي العامل وفق توصيات المعهد الدولي لأبحاث الرز IRRI. حللت النتائج احصائياً بواسطة البرنامج الاحصائي Cropstat 7 وباستخدام ايعاز Cross site analysis لتحليل AMMI حيث يتعامل هذا الايعاز مع البيانات على أساس ان البيئات تقوم مقام المكررات وتحلل التجربة على هيئة RCBD وتحسب معدلات البيئات والتراكيب الوراثية فقط اما التداخل فهو يمثل قيمة الخطاء (جدول2)، كما يقوم بتفسير المكونات الرئيسة PCA من مجموع مربعات تداخل التركيب الوراثي × البيئات على هيئة نسبة مئوية. قورنت المعدلات عند مستوى احتمال 0.05 باستخدام اختبار أقل فرق معنوي LSD وتبين من النتائج تميز التراكيب الوراثية (1، 2، 3، 4، 7، 10، 13، 24، 28 و 35) بالتبكير بالتزهير والحاصل العالي لذا ادخلت هذه التراكيب العشرة مع البيئات الثمانية في تحليل التركيب الوراثي + التركيب الوراثي × البيئة (GGE).

جدول 1: المواقع قيد الدراسة مع رموزها.

Code	Location	Code	Location
A	China-Kumming	G	India-Imphal, Manipur
D	India-Mawagam, Gujarat	H	India-Rewa
E	India-Ludhiana, Punjab	K	India-Allahabad District, U. P.
F	India-Kaul, Haryana	M	Iraq-Twatha

النتائج والمناقشة

تشير النتائج في الجدول (2) إلى وجود فروق معنوية عند مستوى احتمال 0.05 لكل من التراكيب الوراثية والبيئات والمكونات الرئيسة PCA لصفتي الفترة من الزراعة إلى 50% تزهير وحاصل الحبوب (طن/هكتار)، هذه النتائج تتفق مع ما اشار إليه Samonte وآخرون، (2005) و Samonte وآخرون (2008) من وجود فروق معنوية بين البيئات والتراكيب الوراثية لصفة حاصل الحبوب (طن/هكتار)، واختلف مع ما وجده Samonte وآخرون، (2005) من عدم وجود فروق معنوية لقيم PCA لصفة حاصل الحبوب (طن/هكتار). قد يعود سبب التأثير المعنوي للتراكيب الوراثية والبيئات في هذا البحث إلى اختلاف البيئات فيما بينها واختلاف المصادر الوراثية للتراكيب.

اظهرت النتائج في جدول (3) تبكير التركيب الوراثي 32 في التزهير إذ بلغ عدد الايام من الزراعة إلى 50% تزهير (73.87) يوم، ولم يختلف معنوياً عن التراكيب الوراثية 24، 52، 7، 2، 3، 4، 10، 1، 35، 13 و 28، في حين تأخر التركيب الوراثي 58 في التزهير، إذ بلغ عدد الايام من الزراعة إلى 50% تزهير (94.50) يوم، ولم يختلف معنوياً عن التراكيب 56، 42، 53، 12، 43، 48، 47، 18، 8، 20، 31، 44، 14، 45، 21، 16، 54، 11، 41، 26، 55، 9، 59، 39، 61، 57، 38، 50، 30، 60، 34، 15، 17، 33، 22، 36، 40 و 46. بلغ أعلى حاصل للحبوب (5.90) طن/هكتار للتركيب الوراثي 10، ولم يختلف معنوياً عن التراكيب 2، 5، 15، 4، 3، 26، 18، 16، 23، 20، 25، 35، 21، 12، 24، 33، 34، 22، 14، 36، 6، 28، 45، 13، 38، 17، 1، 29، 51، 37، 47، 53، 27، 43، 19، 46، 55، 31، 7، 11، 54، 56، 41، 8، 57، 40، 30 و 44، بينما أدنى حاصل بلغ (3.02) طن/هكتار للتركيب الوراثي 61 ولم يختلف معنوياً عن التراكيب 52، 58، 50، 42، 39، 32، 59، 60، 48، 49، 9، 44، 30، 40، 57، 8، 41، 56، 54، 11، 7، 31، 55، 46، 19، 43، 27، 53، 47، 37، 51، 29، 1، 17، 38، 13 و 45. يستدل من هذه النتائج تميز 10 تراكيب وراثية بالحاصل العالي والتبكير في التزهير ولم تختلف معنوياً فيما بينها ولكلا الصفتين وهذه التراكيب 24، 2، 7، 3، 4، 10، 1، 35، 13، 28.

يلاحظ من نتائج البيئات تبكير البيئة D في التزهير إذ بلغ عدد الايام من الزراعة إلى 50% تزهير (74.44) يوم، أما البيئة M فتأخرت بالتزهير إذ بلغ عدد الايام من الزراعة إلى التزهير (99.50) يوم ولم تختلف معنوياً عن البيئة K. تفوقت البيئة H في حاصل الحبوب إذ بلغ الحاصل (10.02) طن/هكتار أما أدني حاصل بلغ (0.79) طن/هكتار للبيئة A.

جدول 2: تحليل تباين AMMI لصفة الفترة من الزراعة إلى 50% تزهير وحاصل حبوب (طن/هكتار) لـ 61 تركيب وراثي من الرز الهوائي والمزروع في 8 بيئات للموسم 2009.

الفترة من الزراعة إلى 50% تزهير			
Source of variance	D. F.	S. S.	M. S.
Location	7	35808.7	5115.52*
Genotypes	60	10690.3	178.17*
Genotypes x Location (Errer)	420	310931.0	
PCA 1	66	11694.0	177.18*
PCA 2	64	9025.0	141.01*
PCA 3	62	4388.4	70.78*
PCA 4	60	3214.0	53.56*
Genotypes x Environment Residual	168	2609.5	
Total	487	77429.9	
حاصل الحبوب (طن/هكتار)			
Location	7	4010.98	572.99*
Genotypes	60	228.96	3.81*
Genotypes x Location (Errer)	420	1531.57	
PCA 1	66	654.30	9.91*
PCA 2	64	538.30	8.41*
PCA 3	62	173.44	2.79*
PCA 4	60	86.71	1.44*
Genotypes x Environment Residual	168	78.79	
Total	487	5771.52	

*معنوي عند مستوى احتمال 0.05

جدول 3: معدل الفترة من الزراعة إلى 50% التزهير (يوم) وحاصل الحبوب (طن/هكتار) لـ 61 تركيب وراثي من الرز الهوائي والمزروع في 8 بيئات مختلفة للموسم 2009.

رمز التراكيب الوراثية	50% تزهير	الحاصل (طن/هكتار)	رمز التراكيب الوراثية	50% تزهير	الحاصل (طن/هكتار)
1	81.37	4.75	32	73.87	3.54
2	78.50	5.80	33	86.25	4.98
3	79.37	5.48	34	87.75	4.96
4	80.12	5.52	35	82.25	5.07
5	85.50	5.63	36	86.25	4.92
6	84.75	4.92	37	85.00	4.62
7	78.50	4.30	38	88.37	4.81
8	91.00	4.21	39	88.75	3.47
9	89.37	3.95	40	86.12	4.16
10	81.25	5.90	41	89.37	4.22
11	89.62	4.27	42	93.62	3.47
12	93.12	5.01	43	93.00	4.42
13	82.37	4.86	44	90.12	4.03
14	90.00	4.94	45	90.00	4.87
15	86.87	5.58	46	86.12	4.39
16	89.87	5.25	47	91.12	4.60
17	86.62	4.79	48	92.37	3.79
18	91.12	5.39	49	82.50	3.81
19	84.50	4.42	50	88.25	3.21
20	90.75	5.14	51	85.12	4.64
21	90.00	5.03	52	77.37	3.14
22	86.25	4.95	53	93.25	4.53
23	83.50	5.22	54	89.75	4.27
24	74.62	4.99	55	89.37	4.38
25	84.87	5.14	56	94.00	4.24
26	89.37	5.48	57	88.50	4.16
27	84.25	4.49	58	94.50	3.19
28	82.37	4.90	59	89.00	3.68
29	84.25	4.65	60	87.75	3.78
30	88.25	4.12	61	88.75	3.02
31	90.25	4.33			
LSD 0.05	50% تزهير = 8.58	حاصل (طن/هكتار) = 1.90			
رمز البيئات	50% تزهير	الحاصل (طن/هكتار)	رمز البيئات	50% تزهير	الحاصل (طن/هكتار)
A	89.90	0.79	G	91.26	7.21
D	74.44	5.59	H	79.32	10.02
E	78.98	4.51	K	97.41	1.66
F	83.08	4.40	M	99.50	2.26
LSD 0.05	50% تزهير = 3.13	حاصل (طن/هكتار) = 0.69			

فسرت قيم PCA1 لصفة الفترة من الزراعة إلى 50% تزهير 36.6% من مجموع مربعات تداخل التركيب الوراثي × البيئة بينما فسرت قيم PCA2 14.5% والـ PCA3 12.3% والـ PCA4 10.2% ولنفس الصفة (جدول 2)، أما صفة حاصل الحبوب (طن/هكتار) فقد فسرت قيم PCA1 21.4% من مجموع مربعات تداخل التركيب الوراثي × البيئة، بينما فسرت قيم PCA2 17.6% والـ PCA3 14.5% والـ PCA4 12.7% (جدول 2)، وهذا يتفق مع ما اشار إليه Samonte وآخرون (2005) و Suwarte و Nasrullah (2011) من اختلاف قيم PCA1 في تفسيرها للتداخل وان قيم PCA1 تشير بوضوح إلى التراكيب الوراثية الملائمة للبيئات المختلفة وكلما زادت النسبة دل ذلك على وجود تراكيب وراثية اكثر ملائمة لبيئة الهدف.

يظهر الشكل (1) ابتعاد البيئات عن نقطة تقاطع المحورين PCA1 و PCA2 في حين تجمعت التراكيب الوراثية في المنتصف وهذا يشير إلى استقرار هذه التراكيب في صفتي التبكير في التزهير والحاصل العالي.

كما يلاحظ ان التراكيب الوراثية (2، 3، 4 و 10) كانت أقرب للبيئة H والتراكيب الوراثية (1، 2، 3 و 35) أقرب للبيئة G وهذا يطابق لما اشار إليه Redona (2009) من تفوق هذه التراكيب الوراثية في حاصل الحبوب والتبكير في التزهير في كلا البيئتين بينما هذه النتائج تخالف ما اشار إليه Mahalingam وآخرون (2006) و Samonte وآخرون (2005) و Samonte وآخرون (2008) من ابتعاد التراكيب الوراثية المستقرة عن المركز. يلاحظ من الشكل أيضاً كلما ابتعدت التراكيب من نقطة تقاطع المحورين PCA1 و PCA2 دل ذلك على تحملها للجفاف (Muthuramu وآخرون 2011) وعليه فقد تكون التراكيب الوراثية (2، 3، 4، و 10) تراكيب متحملة للجفاف.

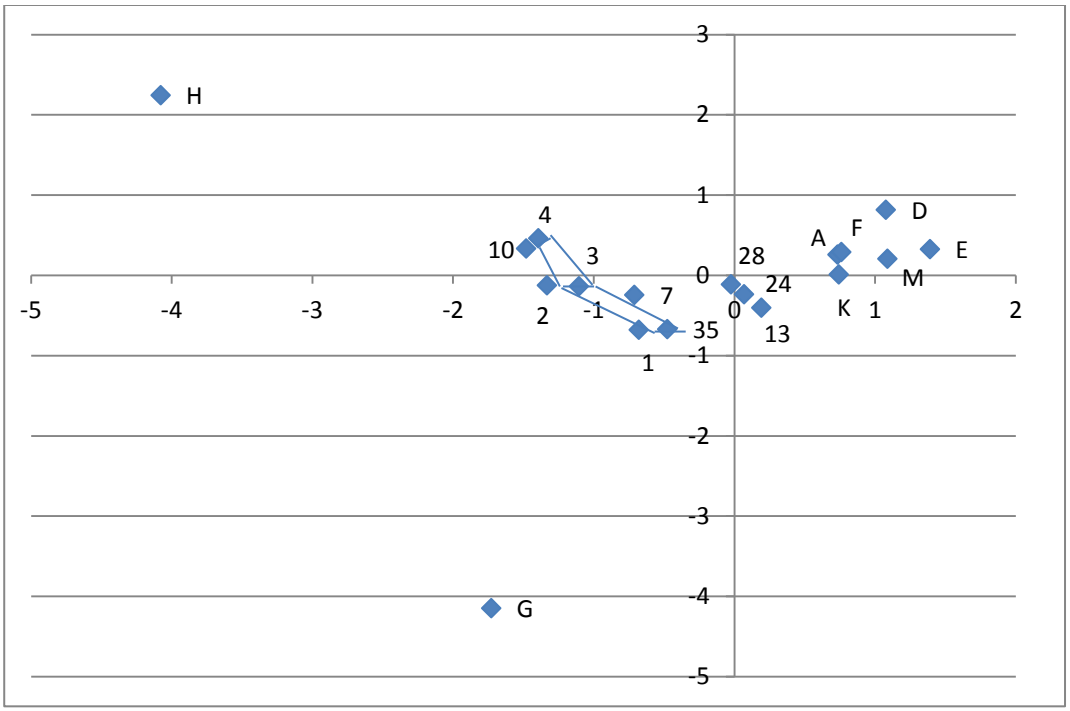
اختلفت النتائج في شكل (2) عن الشكل (1) لكن ظلت التراكيب الوراثية (2، 3، 4 و 10) أقرب للبيئة H وهذا يطابق لما وجدناه في الشكل (1) ولما اشار إليه Redona (2009) من تفوق هذه التراكيب الوراثية في حاصل الحبوب والتبكير في التزهير في هذه البيئة وهذا يقودنا إلى ان استخدام تحليل التركيب الوراثي + التركيب الوراثي × البيئة GGE اعتماداً على قيم PCA1 و PCA2 و PCA1 و PCA3 يوصلانا إلى نفس النتيجة وهذا ايضاً يتفق مع نتائج شكل (3).

لم يعطي الشكل (4) اي تفسير دقيق حول تقييم التراكيب الوراثية عدى تجمع هذه التراكيب في الوسط الشكل وابتعاد البيئات عن المركز مما يدل على استقرار هذه التراكيب في كلا الصفتين وهذا ينطبق على كل من الشكلين (5 و 6) وعليه فلا يمكن استخدام تحليل التركيب الوراثي + التركيب الوراثي × البيئة GGE بالاعتماد على العلاقة بين قيم (PCA2 و PCA3) و (PCA2 و PCA4) و (PCA3 و PCA4). ان هذه النتيجة توضح لنا ان اعتماد تحليل التركيب الوراثي + التركيب الوراثي × البيئة على قيمة PCA1 هي أكثر دقة في تحديد التراكيب الوراثية الملائمة للبيئات الهدف والتي تتميز بالاستقرار في صفتي التبكير في التزهير والحاصل العالي. يعود السبب في ذلك إلى ان PCA1 هو يمثل التراكيب الوراثية الملائمة لبيئة الهدف (Yan، 1999).

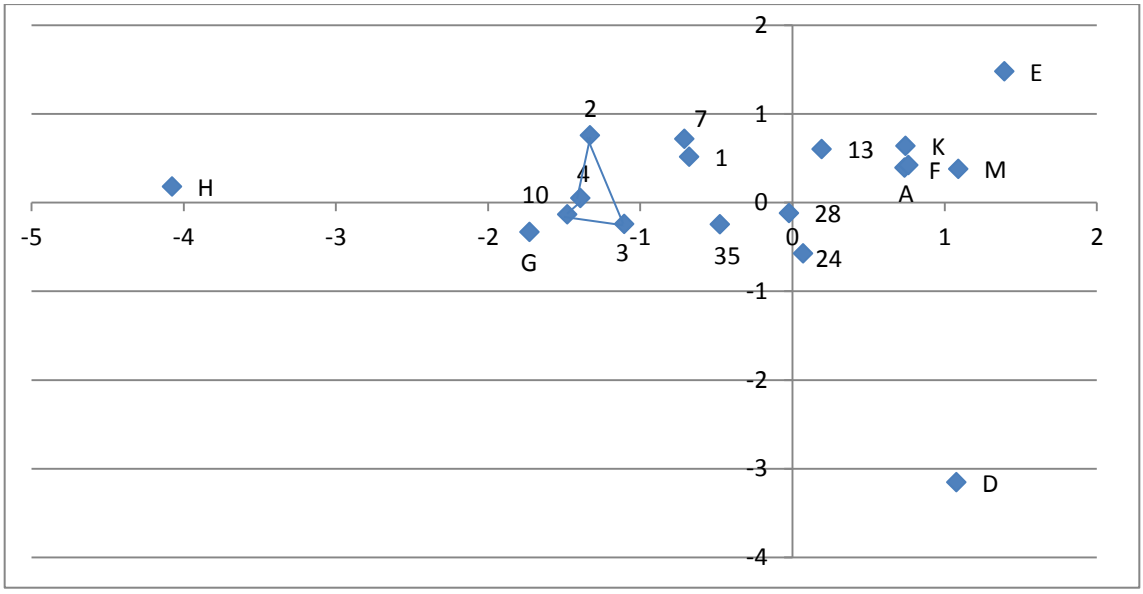
الاستنتاجات والتوصيات

نستنتج من هذه الدراسة تميز التراكيب الوراثية (2، 3، 4 و 10) بالتبكير في التزهير والحاصل العالي والاستقرار في كلا الصفتين وملائمتها للبيئة H (الهند) وان أفضل طريقة لتحديد التراكيب الوراثية الملائمة لبيئة الهدف بالاعتماد على تحليل التركيب الوراثي + التركيب الوراثي × البيئة يكون بالاعتماد على قيم PCA1.

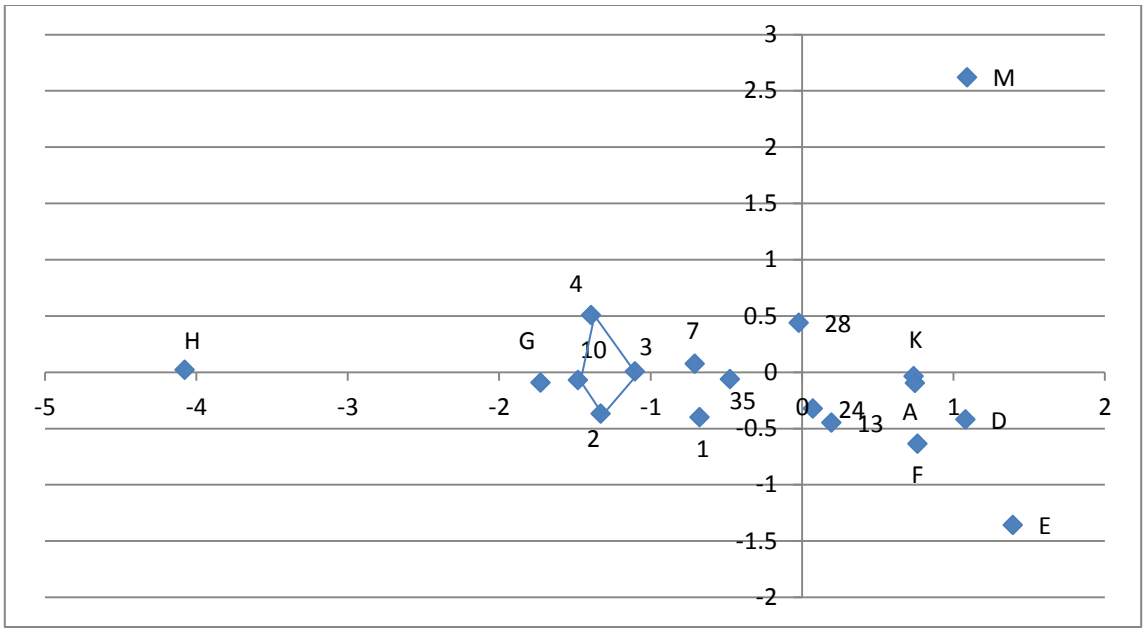
ISSN 2072-3875



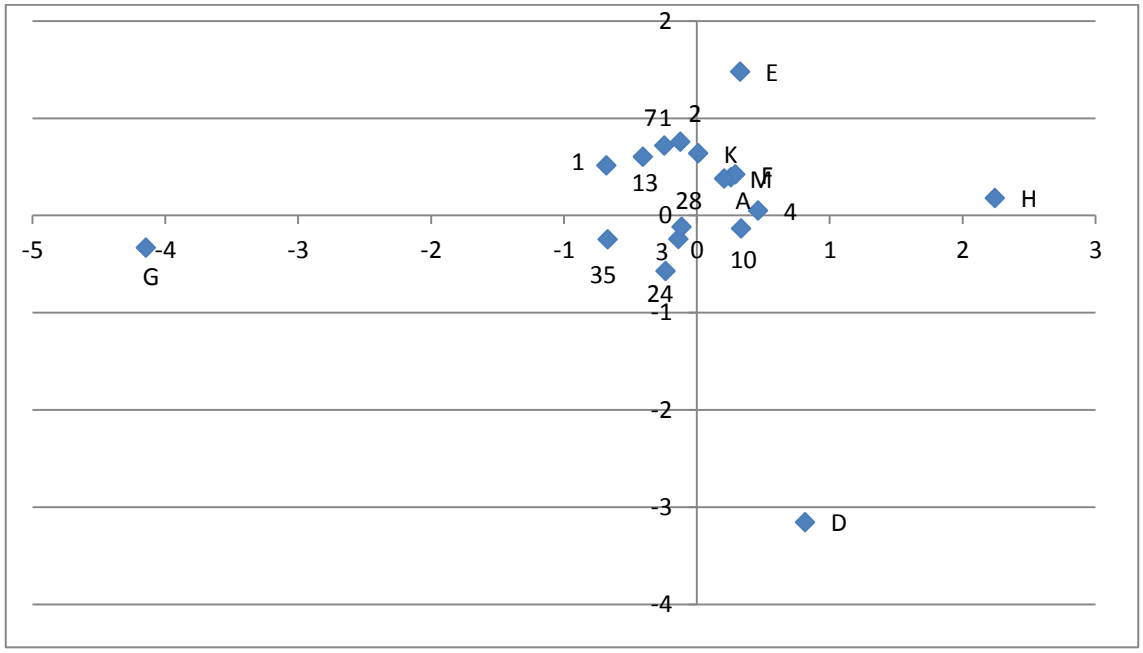
شكل 1: تحليل التركيب الوراثي + التركيب الوراثي × البيئة لـ 10 تراكيب وراثية من الرز الهوائي المزروع في 8 بيئات يبين العلاقة بين قيم PCA1 و PCA2.



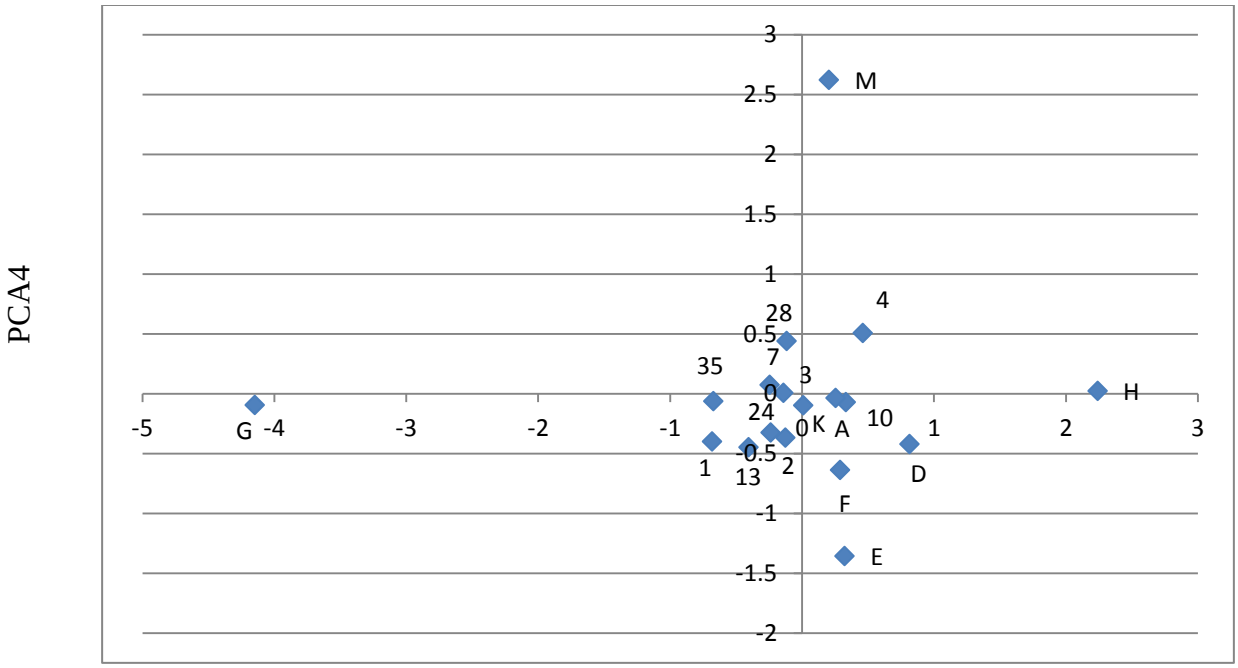
شكل 2: تحليل التركيب الوراثي + التركيب الوراثي × البيئة لـ 10 تراكيب وراثية من الرز الهوائي المزروع في 8 بيئات يبين العلاقة بين قيم PCA1 و PCA3.



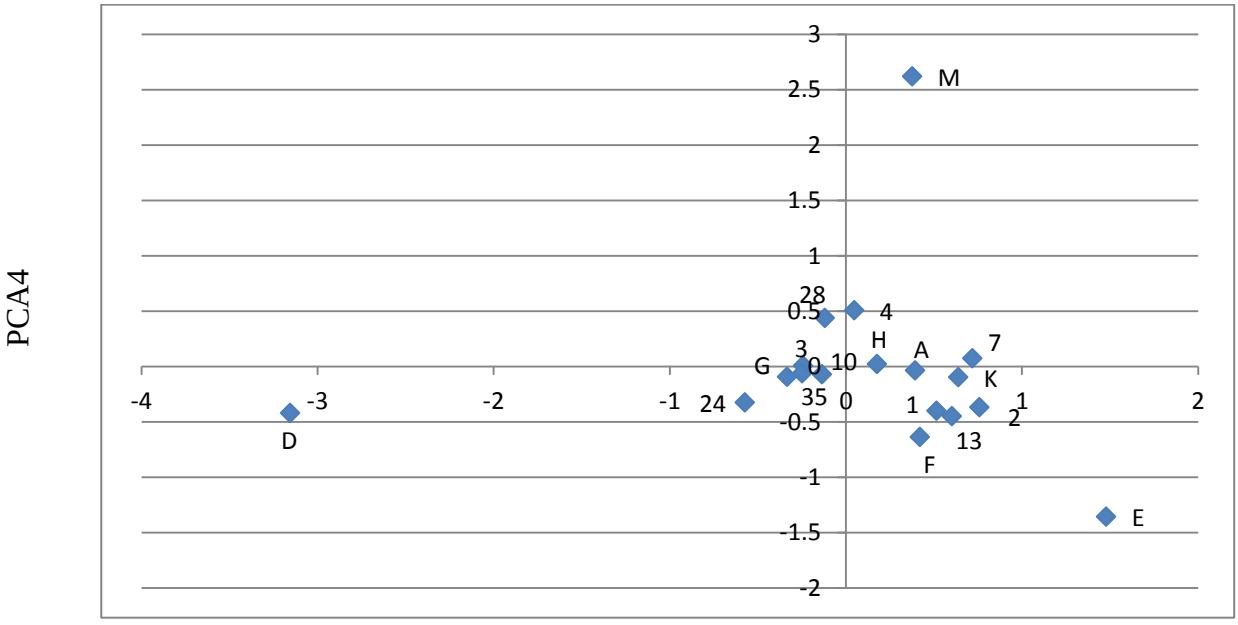
شكل 3: تحليل التركيب الوراثي + التركيب الوراثي × البيئة لـ 10 تراكيب وراثية من الرز الهوائي المزروع في 8 بيئات يبين العلاقة بين قيم PCA1 و PCA4.



شكل 4: تحليل التركيب الوراثي + التركيب الوراثي × البيئة لـ 10 تراكيب وراثية من الرز الهوائي المزروع في 8 بيئات يبين العلاقة بين قيم PCA2 و PCA3.



شكل 5: تحليل التركيب الوراثي + التركيب الوراثي × البيئة لـ 10 تراكيب وراثية من الرز الهوائي المزروع في 8 بيئات يبين العلاقة بين قيم PCA2 و PCA4.



شكل 6: تحليل التركيب الوراثي + التركيب الوراثي × البيئة لـ 10 تراكيب وراثية من الرز الهوائي المزروع في 8 بيئات يبين العلاقة بين قيم PCA3 و PCA4.

المصادر

Bouman, B. A. M. (2007). Aerobic Rice: 10 Frequently Asked Questions. Ebookbrowse.com/aerobic-rice-faq-pdf-d26613507.

Bouman, B. A. M.; R. M. Lampayan and T. P. Tuong. (2007). Water Management in Irrigated Rice: Coping with Water Scarcity. IRRI. Los Banos. Philippiners. pp. 54.

Huaqi, W.; B. A. M. Bouman; D. Zhao; W. Changgui and P. F. Moya. (2002). Aerobic Rice in Northern China: Opportunities and Challenge. IRRI. Los Banos. Philippines. 143 – 154.

Mahalingam, L.; S. Mahendran; R. Chandra Babu and G. Atlin. (2006). AMMI Analysis for Stability of Grain Yield in Rice (Oryza sativa L.). International Journal of Botany. 2: 104 – 106.

Muthuramu, S.; S. Jebaraj and M. Gnanasekaram. (2011). AMMI Biplot Analysis for Drought Tolerance in Rice (Oryza sativa L.). Research journal of Agricultural Science. 2: 98 – 100.

Narsai, R.; K. A. Howell; A. Carroll; A. Ivanova; A. H. Millar and J. Whelan. (2009). Defining Core Metabolic and Transcriptomic Responses to Oxygen Availability in Rice Embryos and Young Seedings. Plant Physiology. 151: 306 – 322.

Rashid, M.: A. A. Cheema and M. Ashraf. (2008). Numerical Analysis of Variation Among Basmati Rice Mutants. Pakistan Journal of Botany. 40: 2413 – 2417.

Redona, E. D. (2009). Summary Report of the INGER Nurseries. IRRI. 211 – 232.

Samonte, S. O. PB; L. T. Wilson; A. M. McClung and J. C. Medley. (2005). Targeting Cultivars onto Rice Crowing Environment Using AMMI and SREG GGE Biplot Analysis. Crop Science. 45: 2414 – 2424.

Samonte, S. O. PB; L. T. Wilson; R. E. Tabien and A. M. McClung. (2008). Use of Gross Income as a Measure of Productivity in Rice Breeding. Canadian Journal of Plant Science. 1015 – 1022.

Suwarto and Nasrullah. (2011). Analysis of Effect of Genotype x Environment Interaction on Rice Grains Iron Content in Indonesia Using Graphical GGE-biplot Method. Electronic Journal of Plant Breeding. 2: 288 – 294.

Yan, W. (1999). Methodology of Cultivar Evaluation Based on Yield Trial Data-with Special Reference to Winter Wheat in Ontario. Ph. D. Thesis. University of Guelph. Canada.

Yan, W. (2001). GGE Biplot – A Windows Application for Graphical Analysis of Multienvironment Trail Data and Other Types of Two – Way Data. Agronomy Journal. 93: 1111 – 1118.

Yan, W. (2002). Singular-Value Partitioning in Biplot Analysis of Multienvironment Trail Data. Agronomy Journal. 94: 990 – 996.