

WEBINARIUM

**MECHANIZMY EKSPANSJI KŁOSOWNICY
PIERZASTEJ (*BRACHYPODIUM PINNATUM*)
W KRAJOBRAZIE ROLNICZYM**

dr hab. Wojciech Bąba, prof. IETU

Katowice, 18 marca 2021

Eko - fizjologiczne i genetyczne mechanizmy ekspansji *Brachypodium pinnatum* w krajobrazie rolniczym

Wojciech Bąba

Instytut Ekologii Terenów Uprzemysłowionych,
Seminarium IETU, Katowice, 18 marca 2021 r.

1 Wstęp

Wstęp

2 Metodyka badań

Obiekt badań

Teren badań

3 Przegląd prac

How *Brachypodium* influence species richness ?

Small-scale species mobility in calcareous grasslands

4 Przegląd prac2

Expansive grass in a fragmented landscape

Brachypodium pinnatum - mechanisms of expansion

Aklimatyzacja aparatu fotosyntetycznego Bp

5 Wnioski końcowe

6 Podziękowania

Zarys problemu

Mechanizmy ekspansji rodzimych gatunków roślin

- Procesy inwazji oraz ekspansji stanowią swego rodzaju 'eksperymenty natury', pozwalające na zrozumienie procesów ekologicznych, fizjologicznych, ewolucyjnych oraz mechanizmów adaptacji gatunków do opanowywanych siedlisk (Kinlan, Hastings 2005)
- Na procesy ewolucyjne zachodzące w populacjach w trakcie kolonizacji nowego siedliska oraz dalszej ekspansji gatunku, wpływa bardzo wiele czynników (Colautti Lau 2015)

Zarys problemu

Mechanizmy ekspansji rodzimych gatunków roślin

- Procesy inwazji oraz ekspansji stanowią swego rodzaju 'eksperymenty natury', pozwalające na zrozumienie procesów ekologicznych, fizjologicznych, ewolucyjnych oraz mechanizmów adaptacji gatunków do opanowywanych siedlisk (Kinlan, Hastings 2005)
- Na procesy ewolucyjne zachodzące w populacjach w trakcie kolonizacji nowego siedliska oraz dalszej ekspansji gatunku, wpływa bardzo wiele czynników (Colautti Lau 2015)

Zarys problemu

Mechanizmy ekspansji rodzimych gatunków roślin

- Do najważniejszych z nich zalicza się:
 - procesy stochastyczne związane z dyspersją/izolacją populacji w krajobrazie, historię kolonizacji z jednego lub wielu źródeł diaspory (Długosch Parker 2008; Cristescu 2015; Długosch et al. 2015)
 - późniejszą selekcję genotypów i ich plastyczną aklimatyzację adaptację pod wpływem warunków siedliskowych oraz interakcje z osobnikami tego samego i innych gatunków

Zarys problemu

Mechanizmy ekspansji rodzimych gatunków roślin

- Do najważniejszych z nich zalicza się:
- procesy stochastyczne związane z dyspersją/izolacją populacji w krajobrazie, historię kolonizacji z jednego lub wielu źródeł diaspory (Długosch Parker 2008; Cristescu 2015; Długosch et al. 2015)
- późniejszą selekcję genotypów i ich plastyczną aklimatyzację adaptację pod wpływem warunków siedliskowych oraz interakcje z osobnikami tego samego i innych gatunków

Zarys problemu

Mechanizmy ekspansji rodzimych gatunków roślin

- Do najważniejszych z nich zalicza się:
- procesy stochastyczne związane z dyspersją/izolacją populacji w krajobrazie, historię kolonizacji z jednego lub wielu źródeł diaspory (Długosch Parker 2008; Cristescu 2015; Długosch et al. 2015)
- późniejszą selekcję genotypów i ich plastyczną aklimatyzację adaptację pod wpływem warunków siedliskowych oraz interakcje z osobnikami tego samego i innych gatunków

Cele pracy

Celem prac, składających się na osiągnięcie habilitacyjne było:

- Określenie wpływu *Brachypodium pinnatum* na skład florystyczny i bogactwo gatunkowe muraw kserotermicznych (publikacja P5)
- Analiza dynamiki *Brachypodium pinnatum* oraz wybranych gatunków murawowych w płatach bogatych florystycznie muraw kserotermicznych (publikacja P4)

Cele pracy

Celem prac, składających się na osiągnięcie habilitacyjne było:

- Określenie wpływu *Brachypodium pinnatum* na skład florystyczny i bogactwo gatunkowe muraw kserotermicznych (publikacja P5)
- Analiza dynamiki *Brachypodium pinnatum* oraz wybranych gatunków murawowych w płatach bogatych florystycznie muraw kserotermicznych (publikacja P4)

Cele pracy

Celem prac, składających się na osiągnięcie habilitacyjne było:

- Określenie, jak zmieniają się wzorce zmienności genetycznej i genotypowej populacji *Brachypodium pinnatum*, a w szczególności (publikacje P2 - P3):
 - ustalenie, jak fragmentacja siedlisk w krajobrazie rolniczym wpływa na dyspersję, a pośrednio także na różnorodność i zróżnicowanie genetyczne populacji *Brachypodium pinnatum*, i czy jest ona przeszkodą w ekspansji tego gatunku?
 - zbadanie, czy proces ekspansji kłosownicy w krajobrazie rolniczym jest wynikiem:
 - kolonizacji otwartych siedlisk z wielu źródeł i towarzyszy mu zmniejszenie się różnorodności genetycznej i genotypowej populacji (selekcję genotypów)
 - kolonizacji z jednego lub najwyżej tylko kilku źródeł i następująca po niej wzrostu różnorodności genetycznej i genotypowej populacji poprzez sukcesywną kolonizację siedlisk przez nowe genotypy

Cele pracy

Celem prac, składających się na osiągnięcie habilitacyjne było:

- Określenie, jak zmieniają się wzorce zmienności genetycznej i genotypowej populacji *Brachypodium pinnatum*, a w szczególności (publikacje P2 - P3):
 - ustalenie, jak fragmentacja siedlisk w krajobrazie rolniczym wpływa na dyspersję, a pośrednio także na różnorodność i zróżnicowanie genetyczne populacji *Brachypodium pinnatum*, i czy jest ona przeszkodą w ekspansji tego gatunku?
 - zbadanie, czy proces ekspansji kłosownicy w krajobrazie rolniczym jest wynikiem:
 - kolonizacji otwartych siedlisk z wielu źródeł i towarzyszy mu zmniejszenie się różnorodności genetycznej i genotypowej populacji (selekcję genotypów)
 - kolonizacji z jednego lub najwyżej tylko kilku źródeł i następująca po niej wzrostu różnorodności genetycznej i genotypowej populacji poprzez sukcesywną kolonizację siedlisk przez nowe genotypy

Cele pracy

Celem prac, składających się na osiągnięcie habilitacyjne było:

- Określenie, jak zmieniają się wzorce zmienności genetycznej i genotypowej populacji *Brachypodium pinnatum*, a w szczególności (publikacje P2 - P3):
 - ustalenie, jak fragmentacja siedlisk w krajobrazie rolniczym wpływa na dyspersję, a pośrednio także na różnorodność i zróżnicowanie genetyczne populacji *Brachypodium pinnatum*, i czy jest ona przeszkodą w ekspansji tego gatunku?
 - zbadanie, czy proces ekspansji kłosownicy w krajobrazie rolniczym jest wynikiem:
 - kolonizacji otwartych siedlisk z wielu źródeł i towarzyszy mu zmniejszenie się różnorodności genetycznej i genotypowej populacji (selekcję genotypów)
 - kolonizacji z jednego lub najwyżej tylko kilku źródeł i następującej po niej wzrostu różnorodności genetycznej i genotypowej populacji poprzez sukcesywną kolonizację siedlisk przez nowe genotypy

Cele pracy

Celem prac, składających się na osiągnięcie habilitacyjne było:

- Określenie, jak zmieniają się wzorce zmienności genetycznej i genotypowej populacji *Brachypodium pinnatum*, a w szczególności (publikacje P2 - P3):
 - ustalenie, jak fragmentacja siedlisk w krajobrazie rolniczym wpływa na dyspersję, a pośrednio także na różnorodność i zróżnicowanie genetyczne populacji *Brachypodium pinnatum*, i czy jest ona przeszkodą w ekspansji tego gatunku?
 - zbadanie, czy proces ekspansji kłosownicy w krajobrazie rolniczym jest wynikiem:
 - kolonizacji otwartych siedlisk z wielu źródeł i towarzyszy mu zmniejszenie się różnorodności genetycznej i genotypowej populacji (selekcję genotypów)
 - kolonizacji z jednego lub najwyżej tylko kilku źródeł i następującej po niej wzrostu różnorodności genetycznej i genotypowej populacji poprzez sukcesywną kolonizację siedlisk przez nowe genotypy

Cele pracy

Celem prac, składających się na osiągnięcie habilitacyjne było:

- Określenie, jak zmieniają się wzorce zmienności genetycznej i genotypowej populacji *Brachypodium pinnatum*, a w szczególności (publikacje P2 - P3):
 - ustalenie, jak fragmentacja siedlisk w krajobrazie rolniczym wpływa na dyspersję, a pośrednio także na różnorodność i zróżnicowanie genetyczne populacji *Brachypodium pinnatum*, i czy jest ona przeszkodą w ekspansji tego gatunku?
 - zbadanie, czy proces ekspansji kłosownicy w krajobrazie rolniczym jest wynikiem:
 - kolonizacji otwartych siedlisk z wielu źródeł i towarzyszy mu zmniejszenie się różnorodności genetycznej i genotypowej populacji (selekcję genotypów)
 - kolonizacji z jednego lub najwyżej tylko kilku źródeł i następującego po niej wzrostu różnorodności genetycznej i genotypowej populacji poprzez sukcesywną kolonizację siedlisk przez nowe genotypy

Cele pracy

Celem prac, składających się na osiągnięcie habilitacyjne było:

- ustalenie, czy istnieje związek, między obserwowanymi wzorcami zmienności genetycznej i genotypowej a tempem reprodukcji generatywnej i pomnażania wegetatywnego - cechami historii życia, kluczowymi dla utrzymania wysokiego tempa wzrostu populacji (λ) oraz trwałej kolonizacji terenu.

Cele pracy

Celem prac, składających się na osiągnięcie habilitacyjne było:

- Poznanie mechanizmów aklimatyzacji aparatu fotosyntetycznego do warunków siedliskowych, zmieniających się w trakcie ekspansji *Brachypodium pinnatum* (publikacja P1), a w szczególności:
 - określenie, w jaki sposób parametry fluorescencji chlorofilu, związane z różnymi aspektami funkcjonowania fotoukładu II (PSII), zmieniały się z wiekiem siedliska,
 - ustalenie, czy istnieje zależność między zmiennością genetyczną/genotypową a mierzonymi i obliczonymi parametrami fluorescencji chlorofilu

Celem prac, składających się na osiągnięcie habilitacyjne było:

- Poznanie mechanizmów aklimatyzacji aparatu fotosyntetycznego do warunków siedliskowych, zmieniających się w trakcie ekspansji *Brachypodium pinnatum* (publikacja P1), a w szczególności:
 - określenie, w jaki sposób parametry fluorescencji chlorofilu, związane z różnymi aspektami funkcjonowania fotoukładu II (PSII), zmieniały się z wiekiem siedliska,
 - ustalenie, czy istnieje zależność między zmiennością genetyczną/genotypową a mierzonymi i obliczonymi parametrami fluorescencji chlorofilu

Celem prac, składających się na osiągnięcie habilitacyjne było:

- Poznanie mechanizmów aklimatyzacji aparatu fotosyntetycznego do warunków siedliskowych, zmieniających się w trakcie ekspansji *Brachypodium pinnatum* (publikacja P1), a w szczególności:
 - określenie, w jaki sposób parametry fluorescencji chlorofilu, związane z różnymi aspektami funkcjonowania fotoukładu II (PSII), zmieniały się z wiekiem siedliska,
 - ustalenie, czy istnieje zależność między zmiennością genetyczną/genotypową a mierzonymi i obliczonymi parametrami fluorescencji chlorofilu

Cele pracy

Celem prac, składających się na osiągnięcie habilitacyjne było:

- Opracowanie metod ograniczenia ekspansji kłosownicy pierzastej w murawach kserotermicznych (publikacja P5)

Brachypodium pinnatum (L.) P. Beauv

- klonalny gatunek trawy, obcopylny, $2n=28$ Rychlewski (w Pogan, Izmań et al. 1983) i Schippmann (1991); $2n=18$ Mizianty (2007); nasze badania – $2n=28$
- jego ekspansja doprowadziła do:
- znacznego spadku różnorodności muraw kserotermicznych w Europie Zachodniej i środkowej (Willems Vannieuwstadt 1996)
- wiąże się ze zmianą lub zaprzestaniem tradycyjnego użytkowania muraw
- gatunek ten wkracza także na tereny porolne, tworząc często rozległe, jednogatunkowe płaty
- wysokie tempo ekspansji *Brachypodium pinnatum* wynika z jego dużych zdolności do dyspersji oraz konkurencji,
- w szczególności z plastycznej adaptacji do zmiennych warunków

Brachypodium pinnatum (L.) P. Beauv

- klonalny gatunek trawy, obcopylny, $2n=28$ Rychlewski (w Pogan, Izmań et al. 1983) i Schippmann (1991); $2n=18$ Mizianty (2007); nasze badania – $2n=28$
- jego ekspansja doprowadziła do:
 - znacznego spadku różnorodności muraw kserotermicznych w Europie Zachodniej i środkowej (Willems Vannieuwstadt 1996)
 - wiąże się ze zmianą lub zaprzestaniem tradycyjnego użytkowania muraw
 - gatunek ten wkracza także na tereny polne, tworząc często rozległe, jednogatunkowe płaty
 - wysokie tempo ekspansji *Brachypodium pinnatum* wynika z jego dużych zdolności do dyspersji oraz konkurencji,
 - w szczególności z plastycznej adaptacji do zmiennych warunków

Brachypodium pinnatum (L.) P. Beauv

- klonalny gatunek trawy, obcopylny, $2n=28$ Rychlewski (w Pogan, Izmań et al. 1983) i Schippmann (1991); $2n=18$ Mizianty (2007); nasze badania – $2n=28$
- jego ekspansja doprowadziła do:
- znacznego spadku różnorodności muraw kserotermicznych w Europie Zachodniej i środkowej (Willems Vannieuwstadt 1996)
- wiąże się ze zmianą lub zaprzestaniem tradycyjnego użytkowania muraw
- gatunek ten wkracza także na tereny porolne, tworząc często rozległe, jednogatunkowe płaty
- wysokie tempo ekspansji *Brachypodium pinnatum* wynika z jego dużych zdolności do dyspersji oraz konkurencji,
- w szczególności z plastycznej adaptacji do zmiennych warunków

Brachypodium pinnatum (L.) P. Beauv

- klonalny gatunek trawy, obcopylny, $2n=28$ Rychlewski (w Pogan, Izmań et al. 1983) i Schippmann (1991); $2n=18$ Mizianty (2007); nasze badania – $2n=28$
- jego ekspansja doprowadziła do:
- znacznego spadku różnorodności muraw kserotermicznych w Europie Zachodniej i środkowej (Willems Vannieuwstadt 1996)
- wiąże się ze zmianą lub zaprzestaniem tradycyjnego użytkowania muraw
- gatunek ten wkracza także na tereny polne, tworząc często rozległe, jednogatunkowe płaty
- wysokie tempo ekspansji *Brachypodium pinnatum* wynika z jego dużych zdolności do dyspersji oraz konkurencji,
- w szczególności z plastycznej adaptacji do zmiennych warunków

Brachypodium pinnatum (L.) P. Beauv

- klonalny gatunek trawy, obcopylny, $2n=28$ Rychlewski (w Pogan, Izmań et al. 1983) i Schippmann (1991); $2n=18$ Mizianty (2007); nasze badania – $2n=28$
- jego ekspansja doprowadziła do:
- znacznego spadku różnorodności muraw kserotermicznych w Europie Zachodniej i środkowej (Willems Vannieuwstadt 1996)
- wiąże się ze zmianą lub zaprzestaniem tradycyjnego użytkowania muraw
- gatunek ten wkracza także na tereny polne, tworząc często rozległe, jednogatunkowe płaty
- wysokie tempo ekspansji *Brachypodium pinnatum* wynika z jego dużych zdolności do dyspersji oraz konkurencji,
- w szczególności z plastycznej adaptacji do zmiennych warunków

Brachypodium pinnatum (L.) P. Beauv

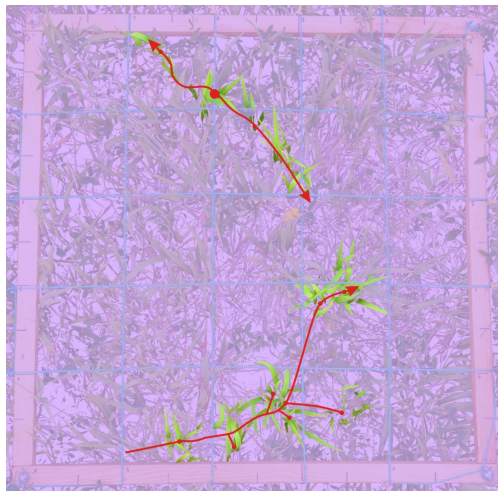
- klonalny gatunek trawy, obcopylny, $2n=28$ Rychlewski (w Pogan, Izmań et al. 1983) i Schippmann (1991); $2n=18$ Mizianty (2007); nasze badania – $2n=28$
- jego ekspansja doprowadziła do:
- znacznego spadku różnorodności muraw kserotermicznych w Europie Zachodniej i środkowej (Willems Vannieuwstadt 1996)
- wiąże się ze zmianą lub zaprzestaniem tradycyjnego użytkowania muraw
- gatunek ten wkracza także na tereny porolne, tworząc często rozległe, jednogatunkowe płaty
- wysokie tempo ekspansji *Brachypodium pinnatum* wynika z jego dużych zdolności do dyspersji oraz konkurencji,

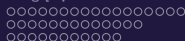
• w szczególności z plastycznej adaptacji do zmiennych warunków

Brachypodium pinnatum (L.) P. Beauv

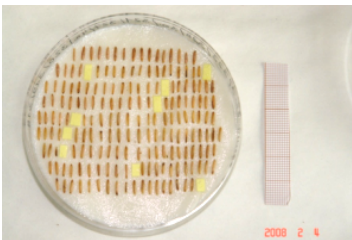
- klonalny gatunek trawy, obcopylny, $2n=28$ Rychlewski (w Pogan, Izmań et al. 1983) i Schippmann (1991); $2n=18$ Mizianty (2007); nasze badania – $2n=28$
- jego ekspansja doprowadziła do:
- znacznego spadku różnorodności muraw kserotermicznych w Europie Zachodniej i środkowej (Willems Vannieuwstadt 1996)
- wiąże się ze zmianą lub zaprzestaniem tradycyjnego użytkowania muraw
- gatunek ten wkracza także na tereny polne, tworząc często rozległe, jednogatunkowe płaty
- wysokie tempo ekspansji *Brachypodium pinnatum* wynika z jego dużych zdolności do dyspersji oraz konkurencji,
- w szczególności z plastycznej adaptacji do zmiennych warunków

Brachypodium pinnatum (L.) P. Beauv





Brachypodium pinnatum (L.) P. Beauv







Teren badań

- centralna części Wyżyny Krakowskiej, której zrąb tworzą wapienie górnourajskie piętra oksfordzkiego (Michalik 1983)
- występuje tu ponad 300 izolowanych płatów muraw kserotermicznych w różnym wieku o wielkości od 1-5 arów do 2 hektarów
- do badań wybrano 12 obiektów, w których występowały populacje *Brachypodium pinnatum* o najlepiej udokumentowanej historii

Teren badań

- centralna części Wyżyny Krakowskiej, której zrąb tworzą wapienie górnjurajskie piętra oksfordzkiego (Michalik 1983)
- występuje tu ponad 300 izolowanych płątów muraw kserotermicznych w różnym wieku o wielkości od 1-5 arów do 2 hektarów
- do badań wybrano 12 obiektów, w których występowały populacje *Brachypodium pinnatum* o najlepiej udokumentowanej historii

Teren badań

- centralna części Wyżyny Krakowskiej, której zrąb tworzą wapienie górnourajskie piętra oksfordzkiego (Michalik 1983)
- występuje tu ponad 300 izolowanych płątów muraw kserotermicznych w różnym wieku o wielkości od 1-5 arów do 2 hektarów
- do badań wybrano 12 obiektów, w których występowały populacje *Brachypodium pinnatum* o najlepiej udokumentowanej historii

Teren badań

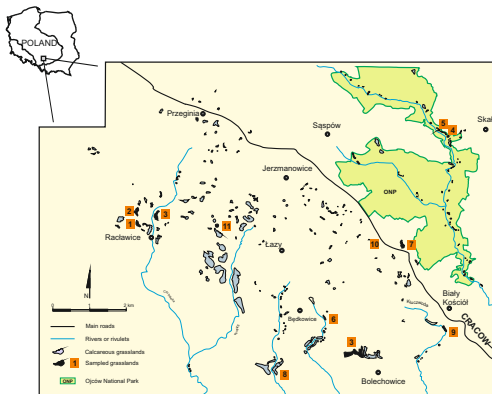
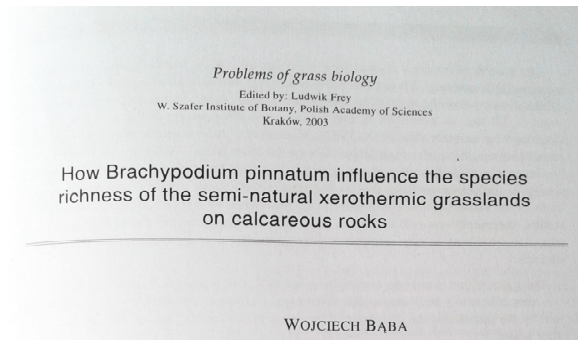


Fig. 1. Study area: southern part of Cracow-Częstochowa Upland. Numbers of studied sites as in table 1.

How *Brachypodium* influence species richness...

Rysunek: Bąba W. 2003. How *Brachypodium pinnatum* influence the species richness of the semi-natural xerothermic grasslands on calcareous rocks: 403-417. L. Frey (ed.) Problems of grass biology. W. Szafer Institute of Botany. Polish Academy of Sciences Kraków.



Badania terenowe

w 1996 założono:

- 90 poletek x 1 m² każde w obrębie płatu murawy - Długa Skała, Grodzisko, OPN
- w miejscach różniących się składem gatunkowym, udziałem *Brachypodium* oraz sposobem użytkowania:
- K - kontrola (bez użytkowania),
- M - poletko koszone jesienią,
- C - poletko, na którym usunięto drzewa i krzewy
- spisy florystyczne (1997-2010) wykonano wraz z oceną procentowego pokrycia (dokładność do 1 cm²)

Badania terenowe

w 1996 założono:

- 90 poletek x 1 m² każde w obrębie płatu murawy - Długa Skała, Grodzisko, OPN
- w miejscach różniących się składem gatunkowym, udziałem *Brachypodium* oraz sposobem użytkowania:
 - K - kontrola (bez użytkowania),
 - M - poletko koszone jesienią,
 - C - poletko, na którym usunięto drzewa i krzewy
- spisy florystyczne (1997-2010) wykonano wraz z oceną procentowego pokrycia (dokładność do 1 cm²)

Badania terenowe

w 1996 założono:

- 90 poletek × 1 m² każde w obrębie płatu murawy - Długa Skała, Grodzisko, OPN
- w miejscach różniących się składem gatunkowym, udziałem *Brachypodium* oraz sposobem użytkowania:
- K - kontrola (bez użytkowania),
- M - poletko koszone jesienią,
- C - poletko, na którym usunięto drzewa i krzewy
- spisy florystyczne (1997-2010) wykonano wraz z oceną procentowego pokrycia (dokładność do 1 cm²)

Badania terenowe

w 1996 założono:

- 90 poletek × 1 m² każde w obrębie płatu murawy - Długa Skała, Grodzisko, OPN
- w miejscach różniących się składem gatunkowym, udziałem *Brachypodium* oraz sposobem użytkowania:
- K - kontrola (bez użytkowania),
- M - poletko koszone jesienią,
- C - poletko, na którym usunięto drzewa i krzewy
- spisy florystyczne (1997-2010) wykonano wraz z oceną procentowego pokrycia (dokładność do 1 cm²)

Badania terenowe

w 1996 założono:

- 90 poletek × 1 m² każde w obrębie płatu murawy - Długa Skała, Grodzisko, OPN
- w miejscach różniących się składem gatunkowym, udziałem *Brachypodium* oraz sposobem użytkowania:
- K - kontrola (bez użytkowania),
- M - poletko koszone jesienią,
- C - poletko, na którym usunięto drzewa i krzewy
- spisy florystyczne (1997-2010) wykonano wraz z oceną procentowego pokrycia (dokładność do 1 cm²)

Badania terenowe

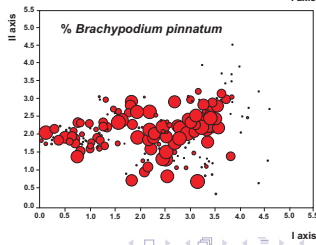
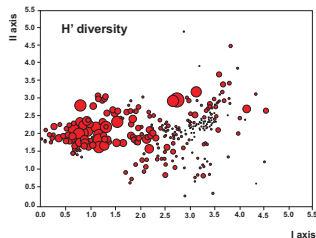
w 1996 założono:

- 90 poletek × 1 m² każde w obrębie płątu murawy - Długa Skała, Grodzisko, OPN
- w miejscach różniących się składem gatunkowym, udziałem *Brachypodium* oraz sposobem użytkowania:
- K - kontrola (bez użytkowania),
- M - poletko koszone jesienią,
- C - poletko, na którym usunięto drzewa i krzewy
- spisy florystyczne (1997-2010) wykonano wraz z oceną procentowego pokrycia (dokładność do 1 cm²)

How *Brachypodium* influence species richness ?

Wyniki

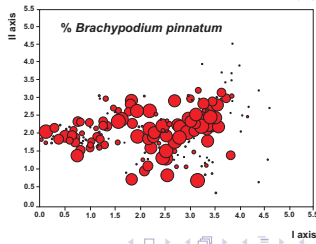
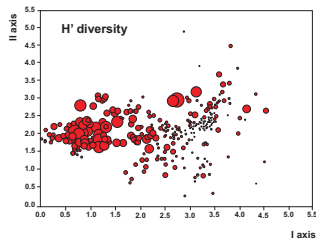
- występuje silna negatywna zależność między pokryciem kłosownicy a :
 - liczbą i pokryciem wielu gatunków murawowych,
 - bogactwem gatunkowym, mierzonym wskaźnikiem H' Shannona.



How *Brachypodium* influence species richness ?

Wyniki

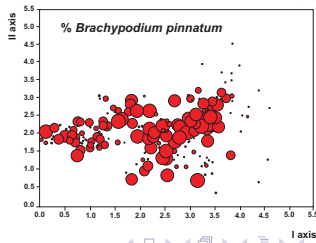
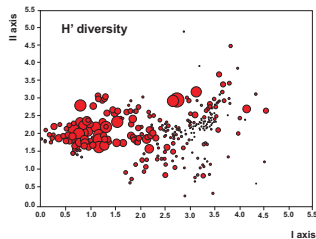
- występuje silna negatywna zależność między pokryciem kłosownicy a :
- liczbą i pokryciem wielu gatunków murawowych,
- bogactwem gatunkowym, mierzonym wskaźnikiem H' Shannona.



How *Brachypodium* influence species richness ?

Wyniki

- występuje silna negatywna zależność między pokryciem kłosownicy a :
- liczbą i pokryciem wielu gatunków murawowych,
- bogactwem gatunkowym, mierzonym wskaźnikiem H' Shannona.



How *Brachypodium* influence species richness ?

Wyniki

- Negatywny wpływ na gatunki muraw:
Scabiosa ochroleuca,
Thymus kosteleckyanus,
Carex pediformis,
Verbascum chaixii
 subsp. *austriacum* i
Libanotis pyrenaica.
- pozytywna korelacja pokrycia *B. pinnatum* z pokryciem krzewów :
Prunus spinosa i *Cornus sanguinea*.

| Species | K | M | C |
|-------------------------------------|-----------------|-----------------|----------------|
| <i>Scabiosa ochroleuca</i> | -0.88** | -0.24 | - |
| <i>Hypericum perforatum</i> | -0.86 | -0.62 | - |
| <i>Festuca rubra</i> | -0.83*** | -0.28*** | - |
| <i>Thymus kosteleckyanus</i> | -0.65*** | -0.52* | - |
| <i>Festuca rupicola</i> | -0.52*** | -0.04 | - |
| <i>Carex pediformis</i> | -0.47* | -0.10 | - |
| <i>Libanotis pyrenaica</i> | -0.34* | 0.39*** | 0.28*** |
| <i>Thymus austriacus</i> | -0.29 | -0.31* | - |
| <i>Vincetoxicum hirundinaria</i> | -0.26 | 0.16 | 0.30*** |
| <i>Galium boreale</i> | -0.25 | -0.64*** | - |
| <i>Euphorbia cyparissias</i> | -0.23 | 0.02 | 0.12 |
| <i>Potentilla heptaphylla</i> | -0.19 | 0.46*** | - |
| <i>Agrimonia eupatoria</i> | -0.18 | 0.27** | 0.27*** |
| <i>Verbascum chaixii austriacum</i> | -0.17 | 0.47*** | - |
| <i>Helianthemum nummularium</i> | -0.06 | 0.27* | - |
| <i>Salvia verticillata</i> | 0.76*** | 0.70** | - |
| <i>Carpinus betulus</i> | 0.90** | 0.41 | - |
| <i>Poa angustifolia</i> | - | 0.30* | - |
| <i>Rosa canina</i> | - | 0.49*** | - |
| <i>Prunus spinosa</i> | - | 0.69** | - |
| <i>Cornus sanguinea</i> | - | 0.96*** | - |
| <i>Cruciata clabra</i> | - | -0.42*** | - |
| <i>Vola mirabilis</i> | - | -0.81** | - |
| <i>Carex caryophylla</i> | - | -0.71** | - |

How *Brachypodium* influence species richness ?

Wyniki

- Negatywny wpływ na gatunki muraw:
Scabiosa ochroleuca,
Thymus kosteleckyanus,
Carex pediformis,
Verbascum chaixii
 subsp. *austriacum* i
Libanotis pyrenaica.
- pozytywna korelacja pokrycia *B. pinnatum* z pokryciem krzewów :
Prunus spinosa i *Cornus sanguinea*.

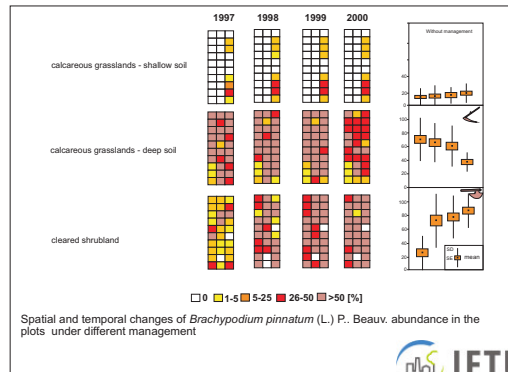
| Species | K | M | C |
|-------------------------------------|-----------------|-----------------|----------------|
| <i>Scabiosa ochroleuca</i> | -0.88** | -0.24 | - |
| <i>Hypericum perforatum</i> | -0.86 | -0.62 | - |
| <i>Festuca rubra</i> | -0.83*** | -0.28*** | - |
| <i>Thymus kosteleckyanus</i> | -0.65*** | -0.52* | - |
| <i>Festuca rupicola</i> | -0.52*** | -0.04 | - |
| <i>Carex pediformis</i> | -0.47* | -0.10 | - |
| <i>Libanotis pyrenaica</i> | -0.34* | 0.39*** | 0.28*** |
| <i>Thymus austriacus</i> | -0.29 | -0.31* | - |
| <i>Vincetoxicum hirundinaria</i> | -0.26 | 0.16 | 0.30*** |
| <i>Galium boreale</i> | -0.25 | -0.64*** | - |
| <i>Euphorbia cyparissias</i> | -0.23 | 0.02 | 0.12 |
| <i>Potentilla heptaphylla</i> | -0.19 | 0.46*** | - |
| <i>Agrimonia eupatoria</i> | -0.18 | 0.27** | 0.27*** |
| <i>Verbascum chaixii austriacum</i> | -0.17 | 0.47*** | - |
| <i>Helianthemum nummularium</i> | -0.06 | 0.27* | - |
| <i>Salvia verticillata</i> | 0.76*** | 0.70** | - |
| <i>Carpinus betulus</i> | 0.90** | 0.41 | - |
| <i>Poa angustifolia</i> | - | 0.30* | - |
| <i>Rosa canina</i> | - | 0.49*** | - |
| <i>Prunus spinosa</i> | - | 0.69** | - |
| <i>Cornus sanguinea</i> | - | 0.96*** | - |
| <i>Cruciata clabra</i> | - | -0.42*** | - |
| <i>Vola mirabilis</i> | - | -0.81** | - |
| <i>Carex caryophylla</i> | - | -0.71** | - |



How *Brachypodium* influence species richness ?

- W badanych murawach kłosownica pierzasta wpływała negatywnie na różnorodność gatunkową nie tylko poprzez szybkie zajmowanie przestrzeni i wypieranie gatunków na drodze konkurencji, lecz także w wyniku wytwarzania trudno rozkładalnej ściółki o znacznej miąższości, która uniemożliwia kiełkowanie nasion większości gatunków murawowych

Wyniki



Spatial and temporal changes of *Brachypodium pinnatum* (L.) P. Beauv. abundance in the plots under different management

Dynamika *Brachypodium pinnatum* i gatunków murawowych

Rysunek: Bąba W. 2005. The small-scale species mobility in calcareous grasslands – example from southern Poland. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* 74(1): 53-64.

Vol. 74, No. 1: 53-64, 2005

ACTA SOCIETATIS BOTANICORUM POLONIAE

53

THE SMALL-SCALE SPECIES MOBILITY IN CALCAREOUS GRASSLANDS – EXAMPLE FROM SOUTHERN POLAND

WOJCIECH BĄBA

Institute of Nature Conservation, Polish Academy of Sciences
Mickiewicza 33, 31-120 Kraków, Poland
e-mail: wbaba@iop.krakow.pl

Zarys problemu

- Na dynamikę zbiorowisk wpływają m.in.: obfitość i rozkład opadów, okresów suszy czy powodzi, (Maarel E. van der 1993, 1997), oraz interakcje wewnątrz- i międzygat. (Maarel E. van der 1997; Tamm et al. 2001).
- Bogate w gatunki zbiorowiska, złożone z wieloletnich roślin o klonalnym typie wzrostu wydają się być stałe w większej skali przestrzennej, pomimo wysokiego tempa wymiany gatunków w mikroskali (Herben et al. 1993; Sykes et al. 1994; Klimes 1999).
- Dla wyjaśnienia dynamiki zbiorowisk Maarel E. van der 1993, 1997 zaproponował 'model karuzeli'
- MK Pozwala również na porównanie dynamiki Bp. i innych gatunków muraw.

Zarys problemu

- Na dynamikę zbiorowisk wpływają m.in.: obfitość i rozkład opadów, okresów suszy czy powodzi, (Maarel E. van der 1993, 1997), oraz interakcje wewnątrz- i międzygat. (Maarel E. van der 1997; Tamm et al. 2001).
- Bogate w gatunki zbiorowiska, złożone z wieloletnich roślin o klonalnym typie wzrostu wydają się być stałe w większej skali przestrzennej, pomimo wysokiego tempa wymiany gatunków w mikroskali (Herben et al. 1993; Sykes et al. 1994; Klimes 1999).
- Dla wyjaśnienia dynamiki zbiorowisk Maarel E. van der 1993, 1997 zaproponował 'model karuzeli'
- MK Pozwala również na porównanie dynamiki Bp. i innych gatunków muraw.



Zarys problemu

- Na dynamikę zbiorowisk wpływają m.in.: obfitość i rozkład opadów, okresów suszy czy powodzi, (Maarel E. van der 1993, 1997), oraz interakcje wewnątrz- i międzygat. (Maarel E. van der 1997; Tamm et al. 2001).
- Bogate w gatunki zbiorowiska, złożone z wieloletnich roślin o klonalnym typie wzrostu wydają się być stałe w większej skali przestrzennej, pomimo wysokiego tempa wymiany gatunków w mikroskali (Herben et al. 1993; Sykes et al. 1994; Klimes 1999).
- Dla wyjaśnienia dynamiki zbiorowisk Maarel E. van der 1993, 1997 zaproponował 'model karuzeli'
- MK Pozwala również na porównanie dynamiki Bp. i innych gatunków muraw.

Zarys problemu

- Na dynamikę zbiorowisk wpływają m.in.: obfitość i rozkład opadów, okresów suszy czy powodzi, (Maarel E. van der 1993, 1997), oraz interakcje wewnątrz- i międzygat. (Maarel E. van der 1997; Tamm et al. 2001).
- Bogate w gatunki zbiorowiska, złożone z wieloletnich roślin o klonalnym typie wzrostu wydają się być stałe w większej skali przestrzennej, pomimo wysokiego tempa wymiany gatunków w mikroskali (Herben et al. 1993; Sykes et al. 1994; Klimes 1999).
- Dla wyjaśnienia dynamiki zbiorowisk Maarel E. van der 1993, 1997 zaproponował 'model karuzeli'
- MK Pozwala również na porównanie dynamiki Bp. i innych gatunków muraw.

Metodyka badań

- analizę dynamiki *Brachypodium pinnatum* oraz 33 wybranych gatunków murawowych przeprowadzono w obrębie murawy na Grodzisku
- W latach 1997-2000 obliczono tempo 'wymiany gatunków', (turnover, T), średni czas pozostawania na poletku (residence time, RT) i średni czas pozostawania na poletku przy założeniu losowej dyspersji (relative residence time, RRT),
- czas 'obrotu karuzeli' czyli czas potrzebny do choćby jednorazowego pojawienia się gatunku we wszystkich poletkach (carousel time, CT i relative carousel time RCT) oraz skumulowaną frekwencję (CF) wyliczoną przy założeniu, że migracja i imigracja są procesami losowymi (random reassignment model, random immigration model (Maarel E. van der 1993, 1997; Palmer Rusch 2001).
- Dynamikę gatunków w kolejnych latach, porównano za pomocą analizy zgodności (Correspondence Analysis, CA).

Metodyka badań

- analizę dynamiki *Brachypodium pinnatum* oraz 33 wybranych gatunków murawowych przeprowadzono w obrębie murawy na Grodzisku
- W latach 1997-2000 obliczono tempo 'wymiany gatunków', (turnover, T), średni czas pozostawania na poletku (residence time, RT) i średni czas pozostawania na poletku przy założeniu losowej dyspersji (relative residence time, RRT),
- czas 'obrotu karuzeli' czyli czas potrzebny do choćby jednorazowego pojawienia się gatunku we wszystkich poletkach (carousel time, CT i relative carousel time RCT) oraz skumulowaną frekwencję (CF) wyliczoną przy założeniu, że migracja i imigracja są procesami losowymi (random reassignment model, random immigration model (Maarel E. van der 1993, 1997; Palmer Rusch 2001)).
- Dynamikę gatunków w kolejnych latach, porównano za pomocą analizy zgodności (Correspondence Analysis, CA).

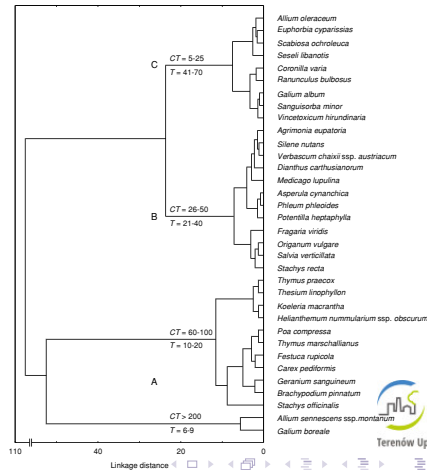
Metodyka badań

- analizę dynamiki *Brachypodium pinnatum* oraz 33 wybranych gatunków murawowych przeprowadzono w obrębie murawy na Grodzisku
- W latach 1997-2000 obliczono tempo 'wymiany gatunków', (turnover, T), średni czas pozostawania na poletku (residence time, RT) i średni czas pozostawania na poletku przy założeniu losowej dyspersji (relative residence time, RRT),
- czas 'obrotu karuzeli' czyli czas potrzebny do choćby jednorazowego pojawienia się gatunku we wszystkich poletkach (carousel time, CT i relative carousel time RCT) oraz skumulowaną frekwencję (CF) wyliczoną przy założeniu, że migracja i imigracja są procesami losowymi (random reassignment model, random immigration model (Maarel E. van der 1993, 1997; Palmer Rusch 2001).
- Dynamikę gatunków w kolejnych latach, porównano za pomocą analizy zgodności (Correspondence Analysis, CA).

Metodyka badań

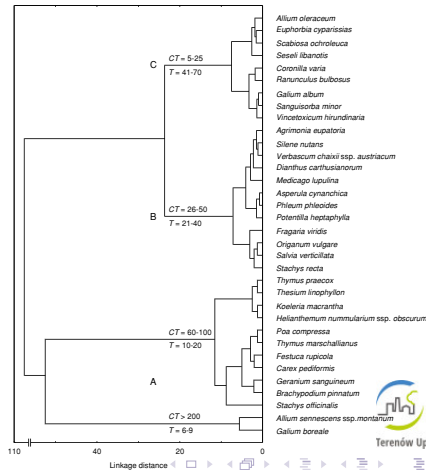
- analizę dynamiki *Brachypodium pinnatum* oraz 33 wybranych gatunków murawowych przeprowadzono w obrębie murawy na Grodzisku
- W latach 1997-2000 obliczono tempo 'wymiany gatunków', (turnover, T), średni czas pozostawania na poletku (residence time, RT) i średni czas pozostawania na poletku przy założeniu losowej dyspersji (relative residence time, RRT),
- czas 'obrotu karuzeli' czyli czas potrzebny do choćby jednorazowego pojawienia się gatunku we wszystkich poletkach (carousel time, CT i relative carousel time RCT) oraz skumulowaną frekwencję (CF) wyliczoną przy założeniu, że migracja i imigracja są procesami losowymi (random reassignment model, random immigration model (Maarel E. van der 1993, 1997; Palmer Rusch 2001).
- Dynamikę gatunków w kolejnych latach, porównano za pomocą analizy zgodności (Correspondence Analysis, CA).

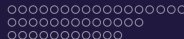
- zbiorowisko wykazywało cechy stabilności w skali płatu (100 m²).
- gatunki występujące w murawie różniły się znacznie pod względem dynamiki w skali 1m²
- tempa wymiany gatunków (T = 6-68) , 'obrotu karuzeli', (CT = 4-400 lat), i czasu pozostawiania na poletku (RT = 0.5-21 lat).



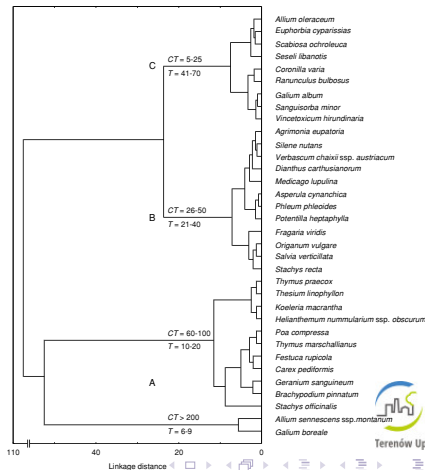


- zbiorowisko wykazywało cechy stabilności w skali płatu (100 m²).
- gatunki występujące w murawie różniły się znacznie pod względem dynamiki w skali 1m²
- tempa wymiany gatunków (T = 6-68), 'obrotu karuzeli', (CT = 4-400 lat), i czasu pozostawiania na poletku (RT = 0.5-21 lat).





- zbiorowisko wykazywało cechy stabilności w skali płatu (100 m²).
- gatunki występujące w murawie różniły się znacznie pod względem dynamiki w skali 1m²
- tempa wymiany gatunków (T = 6-68) , 'obrotu karuzeli', (CT = 4-400 lat), i czasu pozostawania na poletku (RT = 0.5-21 lat).



- wyróżniono gat. o niskiej, umiarkowanej, wysokiej oraz wysokiej dynamice
- pierwszą grupę tworzyły: *Carex pediformis*, *Festuca rupicola* oraz *Brachypodium pinnatum* (CT = 60-100, T = 10-20).

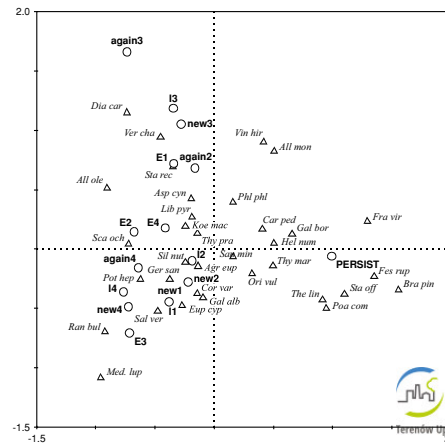


Fig. 3. The characteristics of two axes (λ and 15.6% names abbreviations explain the number of periods resp.

- wyróżniono gat. o niskiej, umiarkowanej oraz wysokiej dynamice
- pierwszą grupę tworzyły: *Carex pediformis*, *Festuca rupicola* oraz *Brachypodium pinnatum* (CT = 60-100, T = 10-20).

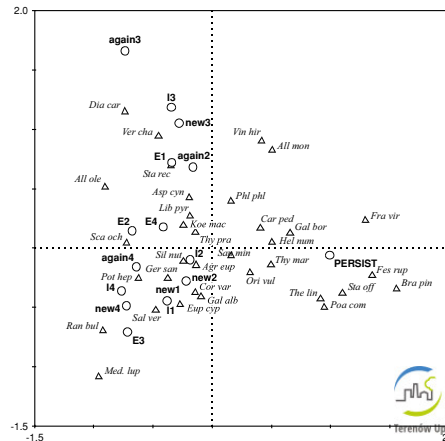


Fig. 3. The characteristics of two axes (λ and T) and 15.6% names with the number of periods resp.

- Do drugiej grupy (CT = 25-50, T = 21-40) zaliczono m.in. *Fragaria viridis*, *Origanum vulgare* czy *Dianthus carthusianorum*.
- Do grupy gatunków o wysokiej mobilności (CT = 25-50, T = 21-40), należą m.in. *Ranunculus bulbosus*, *Sanguisorba minor*, *Coronilla varia* i *Euphorbia cyparissias*.
- Ekspansja *Brachypodium* była ograniczana przez silne zróżnicowanie warunków siedliskowych oraz obecność innych gatunków.
- Analiza zgodności (CA), w której porównano dynamikę gatunków w poszczególnych latach, również wykazała istnienie odrębnej grupy gatunków wykazujących tendencję do pozostawania na poletkach w ciągu całego okresu badań. W grupie tej znalazły się *Brachypodium pinnatum* i *Festuca rupicola*.

- Do drugiej grupy (CT = 25-50, T = 21-40) zaliczono m.in. *Fragaria viridis*, *Origanum vulgare* czy *Dianthus carthusianorum*.
- Do grupy gatunków o wysokiej mobilności (CT = 25-50, T = 21-40), należą m.in. *Ranunculus bulbosus*, *Sanguisorba minor*, *Coronilla varia* i *Euphorbia cyparissias*.
- Ekspansja *Brachypodium* była ograniczana przez silne zróżnicowanie warunków siedliskowych oraz obecność innych gatunków.
- Analiza zgodności (CA), w której porównano dynamikę gatunków w poszczególnych latach, również wykazała istnienie odrębnej grupy gatunków wykazujących tendencję do pozostawania na poletkach w ciągu całego okresu badań. W grupie tej znalazły się *Brachypodium pinnatum* i *Festuca rupicola*.

- Do drugiej grupy (CT = 25-50, T = 21-40) zaliczono m.in. *Fragaria viridis*, *Origanum vulgare* czy *Dianthus carthusianorum*.
- Do grupy gatunków o wysokiej mobilności (CT = 25-50, T = 21-40), należą m.in. *Ranunculus bulbosus*, *Sanguisorba minor*, *Coronilla varia* i *Euphorbia cyparissias*.
- Ekspansja *Brachypodium* była ograniczana przez silne zróżnicowanie warunków siedliskowych oraz obecność innych gatunków.
- Analiza zgodności (CA), w której porównano dynamikę gatunków w poszczególnych latach, również wykazała istnienie odrębnej grupy gatunków wykazujących tendencję do pozostawania na poletkach w ciągu całego okresu badań. W grupie tej znalazły się *Brachypodium pinnatum* i *Festuca rupicola*.

- Do drugiej grupy (CT = 25-50, T = 21-40) zaliczono m.in. *Fragaria viridis*, *Origanum vulgare* czy *Dianthus carthusianorum*.
- Do grupy gatunków o wysokiej mobilności (CT = 25-50, T = 21-40), należą m.in. *Ranunculus bulbosus*, *Sanguisorba minor*, *Coronilla varia* i *Euphorbia cyparissias*.
- Ekspansja *Brachypodium* była ograniczana przez silne zróżnicowanie warunków siedliskowych oraz obecność innych gatunków.
- Analiza zgodności (CA), w której porównano dynamikę gatunków w poszczególnych latach, również wykazała istnienie odrębnej grupy gatunków wykazujących tendencję do pozostawania na poletkach w ciągu całego okresu badań. W grupie tej znalazły się *Brachypodium pinnatum* i *Festuca rupicola*.



- Obserwowana CF gatunków była istotnie niższa w porównaniu z wartościami przewidywanymi w modelach RR a także RI.
- nielosowy charakter, choć obserwowane CF dla *Brachypodium pinnatum*, *Festuca rupicola*, *Vincetoxicum hirundinaria* pokrywały się z wartościami CF przewidywanymi w modelu RI.

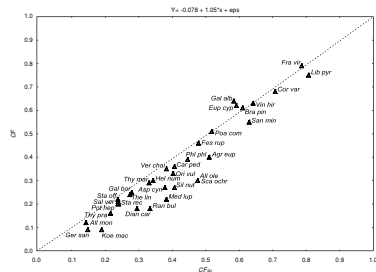
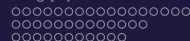


Fig. 4. The relationship of observed (CF) and expected cumulative frequency of species under the random assignment (CF_{ra}) and random immigration (CF_{ri}) models. Species names abbreviations as in Table 3.



Small-scale species mobility in calcareous grasslands

Wyniki

- Obserwowana CF gatunków była istotnie niższa w porównaniu z wartościami przewidywanymi w modelach RR a także RI.
- nielosowy charakter, choć obserwowane CF dla *Brachypodium pinnatum*, *Festuca rupicola*, *Vincetoxicum hirundinaria* pokrywały się z wartościami CF przewidywanymi w modelu RI.

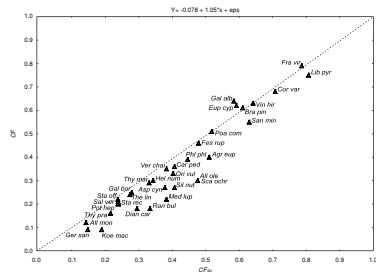


Fig. 4. The relationship of observed (CF) and expected cumulative frequency of species under the random reassignment (CF_{ra}) and random immigration (CF_{ri}) models. Species names abbreviations as in Table 3.

Zmienność genetyczna *Brachypodium pinnatum*

Rysunek: Bąba W., Kurowska M., Kompała-Bąba A., Wilczek A., Długosz J., Szarejko I. 2012. Genetic diversity of populations of *Brachypodium pinnatum* (L) P. Beauv.: expansive grass in a fragmented landscape. Polish Journal of Ecology (Pol.J.Ecol): 60(1): 31-40.

| | | | | |
|--|----|---|-------|------|
| POLISH JOURNAL OF ECOLOGY (Pol. J. Ecol.) | 60 | 1 | 31-40 | 2012 |
|--|----|---|-------|------|

Regular research paper

Wojciech BĄBA^{1*}, Marzena KUROWSKA², Agnieszka KOMPALA-BĄBA³, Adam WILCZEK²,
Joanna DŁUGOSZ², Iwona SZAREJKO²

¹ Department of Plant Ecology, Institute of Botany, Jagiellonian University, Lubicz 46, 31-512 Kraków, Poland,
*e-mail: wojciech.baba@uj.edu.pl (*corresponding author*)

² Department of Genetics, Silesian University, Jagiellońska 28, 40-032 Katowice, Poland

³ Department of Geobotany and Nature Protection, Silesian University, Jagiellońska 28,
40-032 Katowice, Poland

GENETIC DIVERSITY OF POPULATIONS OF *BRACHYPODIUM*
PINNATUM (L.) P. BEAUV.: EXPANSIVE GRASS
IN A FRAGMENTED LANDSCAPE

Zarys problemu

Struktura krajobrazu a różnorodność genetyczna populacji

- Fragmentacja siedlisk może prowadzić do ograniczenia przepływu genów między subpopulacjami, spadku różnorodności genetycznej wewnątrzpopulacyjnej i wzrostu - międzypopulacyjnej (Wade McCauley 1988; Austerlitz et al. 1997; Fenart et al. 1997; Young Clarke 2000; Austerlitz Smouse 2001; Le Corre Kremer 2003; Honnay et al. 2007; Dlugosch Parker 2008; Dlugosch et al. 2015)
- w populacjach zasiedlających izolowane siedliska szczególnie często obserwujemy 'efekt założyciela' (founder effect) oraz efekt 'wąskiego gardła' (population bottleneck), które mogą mieć negatywny wpływ nie tylko na populacje rzadkich (Raijmann et al. 1994; Avise Hamrick 1996; Cruzan 2001; Gonzales Hamrick 2005; Franks 2010) lecz także pospolicie występujących gatunków (Lienert et al. 2007; Hooftman et al. 2004; Galeuchet et al. 2005; Honnay Jacquemyn 2007)

Zarys problemu

Struktura krajobrazu a różnorodność genetyczna populacji

- Fragmentacja siedlisk może prowadzić do ograniczenia przepływu genów między subpopulacjami, spadku różnorodności genetycznej wewnątrzpopulacyjnej i wzrostu - międzypopulacyjnej (Wade McCauley 1988; Austerlitz et al. 1997; Fenart et al. 1997; Young Clarke 2000; Austerlitz Smouse 2001; Le Corre Kremer 2003; Honnay et al. 2007; Dlugosch Parker 2008; Dlugosch et al. 2015)
- w populacjach zasiedlających izolowane siedliska szczególnie często obserwujemy 'efekt założyciela' (founder effect) oraz efekt 'wąskiego gardła' (population bottleneck), które mogą mieć negatywny wpływ nie tylko na populacje rzadkich (Raijmann et al. 1994; Avise Hamrick 1996; Cruzan 2001; Gonzales Hamrick 2005; Franks 2010) lecz także pospolicie występujących gatunków (Lienert et al. 2002; Hooftman et al. 2004; Galeuchet et al. 2005; Honnay Jacquemyn 2007)

Zarys problemu

Struktura krajobrazu a różnorodność genetyczna populacji

- wyniki niektórych badań wskazują, że ekspansja może przebiegać według innego scenariusza, zgodnie z którym gatunki, inwazyjne nie podlegają efektowi 'wąskiego gardła', a także nie wykazują gorszego dostosowania, lub obniżonego potencjału ewolucyjnego (Slatkin 1977; Hollingsworth Bailey 2000; Suarez et al. 2008; Richards et al. 2008; Ross Shoemaker 2008; Fernández-Mazuecos Vargas 2011).
- Dla wyjaśnienia tego zjawiska zaproponowano model kolonizacji z wielu źródeł (Bossdorf et al. 2005; Yang et al. 2008; Marrs et al. 2008; Rosenthal et al. 2008).



Zarys problemu

Struktura krajobrazu a różnorodność genetyczna populacji

- wyniki niektórych badań wskazują, że ekspansja może przebiegać według innego scenariusza, zgodnie z którym gatunki, inwazyjne nie podlegają efektowi 'wąskiego gardła', a także nie wykazują gorszego dostosowania, lub obniżonego potencjału ewolucyjnego (Slatkin 1977; Hollingsworth Bailey 2000; Suarez et al. 2008; Richards et al. 2008; Ross Shoemaker 2008; Fernández-Mazuecos Vargas 2011).
- Dla wyjaśnienia tego zjawiska zaproponowano model kolonizacji z wielu źródeł (Bossdorf et al. 2005; Yang et al. 2008; Marrs et al. 2008; Rosenthal et al. 2008).

Metodyka badań

- Przeprowadzono analizy AFLP osobników (genetic fingerprint) 12 subpopulacji *Brachypodium*.
- W celu określenia hierarchicznej struktury genetycznej populacji Bp użyłem:
 - molekularnej analizy wariacji (AMOVA; (Peakall Smouse 2012),
 - międzygrupową analizę głównych składowych (between-PCA, (Jombart 2008), która nie wymaga spełnienia założeń o równowadze Hardego-Weinberga oraz równowadze sprzężeń (linkage equilibrium) między loci (Jombart et al. 2008).
- analizę Bayesowską: STRUCTURE (Pritchard et al. 2000; Foll et al. 2010), BAPS (Corander et al. 2006)

Metodyka badań

- Przeprowadzono analizy AFLP osobników (genetic fingerprint) 12 subpopulacji *Brachypodium*.
- W celu określenia hierarchicznej struktury genetycznej populacji Bp użyłem:
 - molekularnej analizy wariancji (AMOVA; (Peakall Smouse 2012),
 - międzygrupową analizę głównych składowych (between-PCA, (Jombart 2008), która nie wymaga spełnienia założeń o równowadze Hardego-Weinberga oraz równowadze sprzężeń (linkage equilibrium) między loci (Jombart et al. 2008).
 - analizę Bayesowską: STRUCTURE (Pritchard et al. 2000; Foll et al. 2010), BAPS (Corander et al. 2006)

Metodyka badań

- Przeprowadzono analizy AFLP osobników (genetic fingerprint) 12 subpopulacji *Brachypodium*.
- W celu określenia hierarchicznej struktury genetycznej populacji Bp użyłem:
- molekularnej analizy wariacji (AMOVA; (Peakall Smouse 2012),
- międzygrupową analizę głównych składowych (between-PCA, (Jombart 2008), która nie wymaga spełnienia założeń o równowadze Hardego-Weinberga oraz równowadze sprzężeń (linkage equilibrium) między loci (Jombart et al. 2008).
- analizę Bayesowską: STRUCTURE (Pritchard et al. 2000; Foll et al. 2010), BAPS (Corander et al. 2006)



Metodyka badań

- Przeprowadzono analizy AFLP osobników (genetic fingerprint) 12 subpopulacji *Brachypodium*.
- W celu określenia hierarchicznej struktury genetycznej populacji Bp użyłem:
 - molekularnej analizy wariancji (AMOVA; (Peakall Smouse 2012),
 - międzygrupową analizę głównych składowych (between-PCA, (Jombart 2008), która nie wymaga spełnienia założeń o równowadze Hardego-Weinberga oraz równowadze sprzężeń (linkage equilibrium) między loci (Jombart et al. 2008).
- analizę Bayesowską: STRUCTURE (Pritchard et al. 2000; Foll et al. 2010), BAPS (Corander et al. 2006)

Metodyka badań

- Przeprowadzono analizy AFLP osobników (genetic fingerprint) 12 subpopulacji *Brachypodium*.
- W celu określenia hierarchicznej struktury genetycznej populacji Bp użyłem:
 - molekularnej analizy wariancji (AMOVA; (Peakall Smouse 2012),
 - międzygrupową analizę głównych składowych (between-PCA, (Jombart 2008), która nie wymaga spełnienia założeń o równowadze Hardego-Weinberga oraz równowadze sprzężeń (linkage equilibrium) między loci (Jombart et al. 2008).
- analizę Bayesowską: STRUCTURE (Pritchard et al. 2000; Foll et al. 2010), BAPS (Corander et al. 2006)

Zmienność genetyczna *Brachypodium pinnatum*

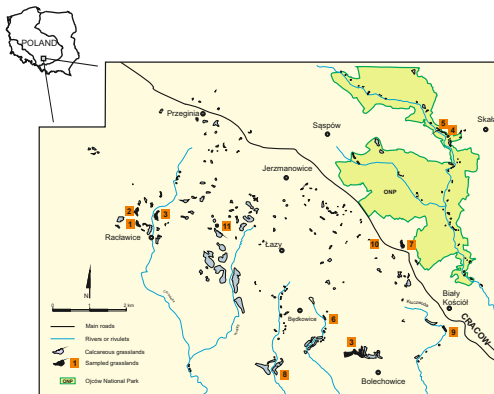


Fig. 1. Study area: southern part of Cracow-Częstochowa Upland. Numbers of studied sites as in table 1.

- 5 kombinacji starterów EcoRI/MseI (E-TG/M-CTC, E-TC/M-CTC, E-AT/M-CTC, E-AC/M-CTC, E-AT/M-CTG) pozwoliło na uzyskanie ogółem 517 prążków w tym 79
- Procent loci polimorficznych w obrębie (sub)populacji był niższy i wynosił (38–44
- Wartości współczynnika Simpsona były istotnie niższe w populacjach z Grodziska, Doliny Będkowskiej oraz Wąwozu Bolechowskiego.

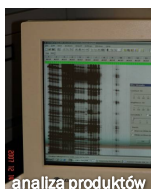
- 5 kombinacji starterów EcoRI/MseI (E-TG/M-CTC, E-TC/M-CTC, E-AT/M-CTC, E-AC/M-CTC, E-AT/M-CTG) pozwoliło na uzyskanie ogółem 517 prążków w tym 79
- Procent loci polimorficznych w obrębie (sub)populacji był niższy i wynosił (38–44
- Wartości współczynnika Simpsona były istotnie niższe w populacjach z Grodziska, Doliny Będkowskiej oraz Wąwozu Bolechowskiego.

- 5 kombinacji starterów EcoRI/MseI (E-TG/M-CTC, E-TC/M-CTC, E-AT/M-CTC, E-AC/M-CTC, E-AT/M-CTG) pozwoliło na uzyskanie ogółem 517 prążków w tym 79
- Procent loci polimorficznych w obrębie (sub)populacji był niższy i wynosił (38–44
- Wartości współczynnika Simpsona były istotnie niższe w populacjach z Grodziska, Doliny Będkowskiej oraz Wąwozu Bolechowskiego.

Zmienność genetyczna *Brachypodium pinnatum*

TECHNIKA AFLP

(AMPLIFIED FRAGMENT LENGTH POLYMORPHISM; VOS | IN., 1995)



| | C19 | C20 | C21 |
|--|-----|-----|-----|
| | 1 | 1 | 1 |
| | 0 | 0 | 0 |
| | 0 | 0 | 0 |
| | 0 | 1 | 0 |
| | 0 | 0 | 0 |
| | 0 | 0 | 0 |
| | 1 | 0 | 1 |
| | 1 | 1 | 1 |
| | 1 | 1 | 1 |
| | 0 | 1 | 1 |
| | 1 | 1 | 1 |
| | 1 | 1 | 1 |

Table1. Population characteristics and genotypic diversity of the 12 studied subpopulations

| Code | Locality | Lon | Lat | G | G/N | PPL | Pb | D |
|------|----------------------|---------------|---------------|----|-------|------|----|-------|
| 1 | Powroźnikowa1 | 19°40'08.48"E | 50°11'44.06"N | 30 | 0.968 | 42.9 | 2 | 1.000 |
| 2 | Powroźnikowa2 | 19°40'04.53"E | 50°12'02.39"N | 29 | 0.967 | 41.2 | 4 | 1.000 |
| 3 | Raławice | 19°40'37.06"E | 50°12'02.10"N | 28 | 0.903 | 42.6 | 2 | 0.935 |
| 4 | Bolechowice | 19°46'58.08"E | 50° 9'11.28"N | 27 | 0.871 | 40.1 | 0 | 0.935 |
| 5 | Grodzisko | 19°49'46.55"E | 50°13'36.39"N | 18 | 0.642 | 38.9 | 0 | 0.741 |
| 6 | Grodzisko-Onobrychis | 19°49'36.86"E | 50°13'40.54"N | 17 | 0.548 | 38.7 | 4 | 0.677 |
| 7 | Dolina Kobyłańska | 19°45'42.06"E | 50° 9'27.33"N | 26 | 0.838 | 44.5 | 1 | 0.935 |
| 8 | Wielkie Skały | 19°48'20.17"E | 50°11'23.49"N | 26 | 0.838 | 42.2 | 2 | 1.000 |
| 9 | Dolina Będkowska | 19°44'21.28"E | 50° 8'49.44"N | 19 | 0.612 | 38.6 | 3 | 0.483 |
| 10 | Dolina Kluczwody | 19°49'7.04"E | 50° 9'49.94"N | 23 | 0.766 | 43.1 | 0 | 0.806 |
| 11 | Skała Żytnia | 19°47'54.96"E | 50°11'14.72"N | 29 | 0.935 | 40.2 | 1 | 1.000 |

- AMOVA wykazała, że 19% zmienności jest związana ze stanowiskami, zaś zdecydowana większość wynikała ze zmienności między osobnikami w obrębie stanowisk (82.2%).
- Obserwowany poziom polimorfizmu jest typowy dla gatunków tego rodzaju np. *Brachypodium distachyon* (66%) (Bakker et al. 2009), *B. sylvaticum* (76%, Rosenthal et al. 2008), lecz niższy niż dla *B. distachyon* z obszaru śródziemnomorskiego (RAPD; 96%) (Jaroszewicz et al. 2012).

- AMOVA wykazała, że 19% zmienności jest związana ze stanowiskami, zaś zdecydowana większość wynikała ze zmienności między osobnikami w obrębie stanowisk (82.2%).
- Obserwowany poziom polimorfizmu jest typowy dla gatunków tego rodzaju np. *Brachypodium distachyon* (66%) (Bakker et al. 2009), *B. sylvaticum* (76%, Rosenthal et al. 2008), lecz niższy niż dla *B. distachyon* z obszaru śródziemnomorskiego (RAPD; 96%) (Jaroszewicz et al. 2012).



Expansive grass in a fragmented landscape

Wyniki

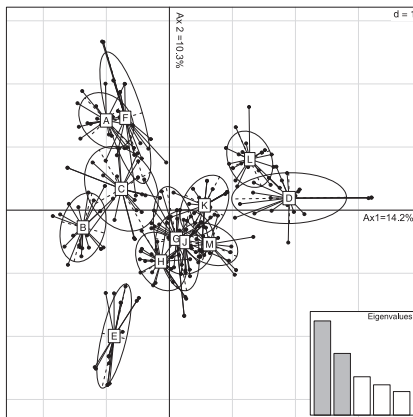


Fig. 2. The between-group eigenanalysis (PCA, centered and standardised, based on variance-covariance matrix) of genetic differentiation of individuals from the 12 populations studied. The "star" corresponds to the particular subpopulation are placed with labels placed in centres of gravity of each group and points corresponds to the individuals. The ellipses around stars correspond to the 1.5 of standard

- Analiza PCA potwierdziła słabe zróżnicowanie między populacjami z północno-zachodniej części terenu badań (Powroźnikowa1, 2; Racławice) i populacjami z południowej oraz centralnej jego części (Wielkie Skały, Dolina Kobylańska, Kluczwody, Będkowska, Skały Willisowe).
- Populacje z Bolechowic, Skały Żytnej oraz Grodziska tworzyły odrębne grupy. Analiza Bayesowska potwierdziła wyniki analizy PCA.
- Test Mantela nie wykazał wpływu izolacji na zróżnicowanie genetyczne badanych populacji *Brachypodium pinnatum* ($M = 0.14$, $p > 0.45$).

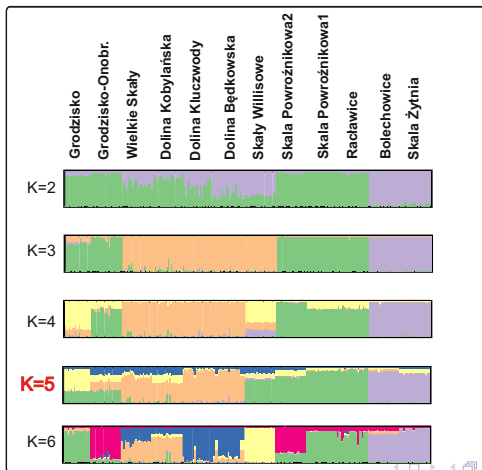
- Analiza PCA potwierdziła słabe zróżnicowanie między populacjami z północno-zachodniej części terenu badań (Powroźnikowa1, 2; Raclawice) i populacjami z południowej oraz centralnej jego części (Wielkie Skały, Dolina Kobylańska, Kluczwody, Będkowska, Skały Willisowe).
- Populacje z Bolechowic, Skały Żytnej oraz Grodziska tworzyły odrębne grupy. Analiza Bayesowska potwierdziła wyniki analizy PCA.
- Test Mantela nie wykazał wpływu izolacji na zróżnicowanie genetyczne badanych populacji *Brachypodium pinnatum* ($M = 0.14$, $p > 0.45$).

- Analiza PCA potwierdziła słabe zróżnicowanie między populacjami z północno-zachodniej części terenu badań (Powroźnikowa1, 2; Raclawice) i populacjami z południowej oraz centralnej jego części (Wielkie Skały, Dolina Kobylańska, Kluczwody, Będkowska, Skały Willisowe).
- Populacje z Bolechowic, Skały Żytnej oraz Grodziska tworzyły odrębne grupy. Analiza Bayesowska potwierdziła wyniki analizy PCA.
- Test Mantela nie wykazał wpływu izolacji na zróżnicowanie genetyczne badanych populacji *Brachypodium pinnatum* ($M = 0.14$, $p > 0.45$).



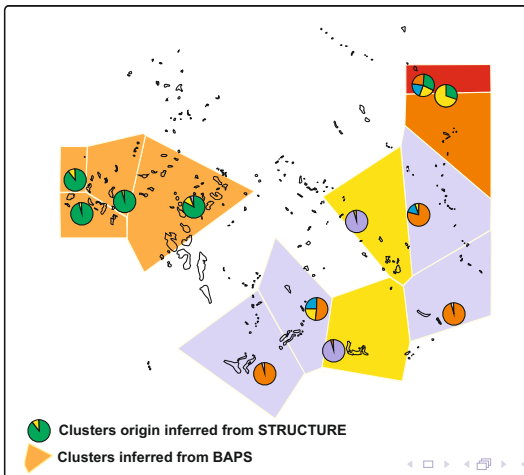
Expansive grass in a fragmented landscape

Wyniki



Expansive grass in a fragmented landscape

Wyniki



- silna i długotrwała izolacja muraw w krajobrazie rolniczym Wyżyny Krakowskiej nie stanowi przeszkody dla ekspansji kłosownicy pierzastej.
- mamy tu do czynienia z metapopulacją, kształtowaną przez współczesne i historyczne procesy kolonizacji - ekstynkcji.

- silna i długotrwała izolacja muraw w krajobrazie rolniczym Wyżyny Krakowskiej nie stanowi przeszkody dla ekspansji kłosownicy pierzastej.
- mamy tu do czynienia z metapopulacją, kształtowaną przez współczesne i historyczne procesy kolonizacji - ekstynkcji.

Zmienność genetyczna *Brachypodium pinnatum* a wiek murawy

Rysunek: Bąba W., Kurowska M., Kompala-Bąba A., Wilczek A., Długosz J., Szarejko I. 2012. Genetic diversity of the expansive grass *Brachypodium pinnatum* in a changing landscape: effect of habitat age. *Flora* 207(5): 346-353.

Flora 207 (2012) 346–353



Genetic diversity of the expansive grass *Brachypodium pinnatum* in a changing landscape: Effect of habitat age

Wojciech Bąba^{a,*}, Marzena Kurowska^b, Agnieszka Kompala-Bąba^c, Adam Wilczek^b, Joanna Długosz^b, Iwona Szarejko^b

^a Department of Plant Ecology, Institute of Botany, Jagiellonian University, Łąbicza 46, PL-31-512 Kraków, Poland

^b Department of Genetics, University of Silesia, Jagiellońska 28, PL-40-032 Katowice, Poland

^c Department of Geobotany and Nature Protection, University of Silesia, Jagiellońska 28, PL-40-032 Katowice, Poland

Zarys problemu

Zmienność genetyczna *Brachypodium pinnatum* a wiek murawy

- Sukces inwazji/ekspansji gatunku zależy m.in. od liczby źródeł pochodzenia osobników kolonizujących nowe siedlisko (Barrett et al. 2008; Dlugosch Parker 2008).
- Kolonizacja z wielu źródeł lub kolonizacja wielokrotna wydaje się zwiększać prawdopodobieństwo opanowania nowego siedliska (Novak Mack 2005; Bossdorf et al. 2005; Sax et al. 2007; Yang et al. 2008; Crawford Whitney 2010; Ramakrishnan et al. 2010).

Zarys problemu

Zmienność genetyczna *Brachypodium pinnatum* a wiek murawy

- Sukces inwazji/ekspansji gatunku zależy m.in. od liczby źródeł pochodzenia osobników kolonizujących nowe siedlisko (Barrett et al. 2008; Dlugosch Parker 2008).
- Kolonizacja z wielu źródeł lub kolonizacja wielokrotna wydaje się zwiększać prawdopodobieństwo opanowania nowego siedliska (Novak Mack 2005; Bossdorf et al. 2005; Sax et al. 2007; Yang et al. 2008; Crawford Whitney 2010; Ramakrishnan et al. 2010).

Zarys problemu

Zmienność genetyczna *Brachypodium pinnatum* a wiek murawy

- Różnorodność genetyczna starszych populacji jest z reguły związana z cechami historii życia gatunków, a szczególnie tempem pomnażania wegetatywnego i reprodukcji generatywnej (Hamrick Godt 1996; Kinlan Hastings 2005).
- Brak pyłku zdolnego do zapylenia kwiatów we wczesnych etapach kolonizacji może skutkować przewagą wzrostu klonalnego nad reprodukcją generatywną (Piquot et al. 1998; Barrett et al. 2008) a w skrajnych przypadkach nawet prowadzić do dominacji jednego klonu.
- W starszych murawach, przewaga wzrostu klonalnego oraz nasilenie konkurencji między genotypami może niwelować efekt wcześniejszej rekrutacji siewek. W przypadku obu scenariuszy można spodziewać się wysokiej zmienności genetycznej pomiędzy populacjami.

Zarys problemu

Zmienność genetyczna *Brachypodium pinnatum* a wiek murawy

- Różnorodność genetyczna starszych populacji jest z reguły związana z cechami historii życia gatunków, a szczególnie tempem pomnażania wegetatywnego i reprodukcji generatywnej (Hamrick Godt 1996; Kinlan Hastings 2005).
- Brak pyłku zdolnego do zapylenia kwiatów we wczesnych etapach kolonizacji może skutkować przewagą wzrostu klonalnego nad reprodukcją generatywną (Piquot et al. 1998; Barrett et al. 2008) a w skrajnych przypadkach nawet prowadzić do dominacji jednego klonu.
- W starszych murawach, przewaga wzrostu klonalnego oraz nasilenie konkurencji między genotypami może niwelować efekt wcześniejszej rekrutacji siewek. W przypadku obu scenariuszy można spodziewać się wysokiej zmienności genetycznej pomiędzy populacjami.

Zarys problemu

Zmienność genetyczna *Brachypodium pinnatum* a wiek murawy

- Różnorodność genetyczna starszych populacji jest z reguły związana z cechami historii życia gatunków, a szczególnie tempem pomnażania wegetatywnego i reprodukcji generatywnej (Hamrick Godt 1996; Kinlan Hastings 2005).
- Brak pyłku zdolnego do zapylenia kwiatów we wczesnych etapach kolonizacji może skutkować przewagą wzrostu klonalnego nad reprodukcją generatywną (Piquot et al. 1998; Barrett et al. 2008) a w skrajnych przypadkach nawet prowadzić do dominacji jednego klonu.
- W starszych murawach, przewaga wzrostu klonalnego oraz nasilenie konkurencji między genotypami może niwelować efekt wcześniejszej rekrutacji siewek. W przypadku obu scenariuszy można spodziewać się wysokiej zmienności genetycznej pomiędzy populacjami a niskiej

Metody badań

- Kwerenda źródeł historycznych pisanych oraz kartograficznych, umożliwiła identyfikację:
 - płątów 'starych muraw', bogatych florystycznie, użytkowanych jako pastwiska od co najmniej 300 lat, 'muraw w średnim wieku' (w wieku ok. 100 lat) oraz 'młode murawy' (ok. 30-50 lat).
 - W celu określenia struktury przestrzennej klonów, na wszystkich powierzchniach w obrębie transektów pobrano łącznie 453 próby, w odległości od 10 cm do 39 m.
 - W celu określenia tempa pomnażania wegetatywnego oraz reprodukcji wegetatywnej w latach 2007-2009 określono liczbę pędów wegetatywnych, generatywnych oraz średnią produkcję nasion na 1 m².

Metody badań

- Kwerenda źródeł historycznych pisanych oraz kartograficznych, umożliwiła identyfikację:
- płątów 'starych muraw', bogatych florystycznie, użytkowanych jako pastwiska od co najmniej 300 lat, 'muraw w średnim wieku' (w wieku ok. 100 lat) oraz 'młode murawy' (ok. 30-50 lat).
- W celu określenia struktury przestrzennej klonów, na wszystkich powierzchniach w obrębie transektów pobrano łącznie 453 próby, w odległości od 10 cm do 39 m.
- W celu określenia tempa pomnażania wegetatywnego oraz reprodukcji wegetatywnej w latach 2007-2009 określono liczbę pędów wegetatywnych, generatywnych oraz średnią produkcję nasion na 1 m².

Metody badań

- Kwerenda źródeł historycznych pisanych oraz kartograficznych, umożliwiła identyfikację:
- płątów 'starych muraw', bogatych florystycznie, użytkowanych jako pastwiska od co najmniej 300 lat, 'muraw w średnim wieku' (w wieku ok. 100 lat) oraz 'młode murawy' (ok. 30-50 lat).
- W celu określenia struktury przestrzennej klonów, na wszystkich powierzchniach w obrębie transektów pobrano łącznie 453 próby, w odległości od 10 cm do 39 m.
- W celu określenia tempa pomnażania wegetatywnego oraz reprodukcji wegetatywnej w latach 2007-2009 określono liczbę pędów wegetatywnych, generatywnych oraz średnią produkcję nasion na 1 m².

Metody badań

- Kwerenda źródeł historycznych pisanych oraz kartograficznych, umożliwiła identyfikację:
- płątów 'starych muraw', bogatych florystycznie, użytkowanych jako pastwiska od co najmniej 300 lat, 'muraw w średnim wieku' (w wieku ok. 100 lat) oraz 'młode murawy' (ok. 30-50 lat).
- W celu określenia struktury przestrzennej klonów, na wszystkich powierzchniach w obrębie transektów pobrano łącznie 453 próby, w odległości od 10 cm do 39 m.
- W celu określenia tempa pomnażania wegetatywnego oraz reprodukcji wegetatywnej w latach 2007-2009 określono liczbę pędów wegetatywnych, generatywnych oraz średnią produkcję nasion na 1 m².

Metody badań

- W oparciu o dane AFLP wyznaczono liczbę 'genotypów' (multilocus lineages, MLL; (Douhovnikoff Dodd 2003; Meirmans Van Tienderen 2004; Rozenfeld et al. 2007; Arnaud-Haond 2008) oraz różnorodność klonalną wyliczono według (Dorken Eckert 2001).
- Dla porównaniu rozkładów frekwencji ramet reprezentujących poszczególne genotypy użyłem rozkładu Pareto beta (Vidondo et al. 1997). Wartość beta wzrasta wraz ze wzrostem liczby klonów o porównywalnej wielkości, zaś maleje, gdy jeden z nich (lub kilka) uzyskuje dominację.

Metody badań

- W oparciu o dane AFLP wyznaczono liczbę 'genotypów' (multilocus lineages, MLL; (Douhovnikoff Dodd 2003; Meirmans Van Tienderen 2004; Rozenfeld et al. 2007; Arnaud-Haond 2008) oraz różnorodność klonalną wyliczono według (Dorken Eckert 2001).
- Dla porównaniu rozkładów frekwencji ramet reprezentujących poszczególne genotypy użyłem rozkładu Pareto beta (Vidondo et al. 1997). Wartość beta wzrasta wraz ze wzrostem liczby klonów o porównywalnej wielkości, zaś maleje, gdy jeden z nich (lub kilka) uzyskuje dominację.

- Ogółem spośród 453 prób wyróżniłem 314 różnych genotypów.
- Obserwowana różnorodność genotypowa ($G/N = 0.685$) jest wyższa, niż średnie wartości stwierdzone dla gatunków o klonalnym typie wzrostu uzyskanych dla wszystkich typów markerów DNA (0.44 (Piquot et al. 1998; Stehlik Holderegger 2000) jak również dla średniej dla markerów AFLP (Honnay Jacquemyn 2008).
- Liczba genotypów (G) w młodych murawach była niemal dwukrotnie większa (24-27) w porównaniu ze starymi (13-18). Najmniejszą liczbę genotypów zanotowano na Grodzisku, zaś największą na Skale Powroźnikowej 1 i 2.

- Ogółem spośród 453 prób wyróżniłem 314 różnych genotypów.
- Obserwowana różnorodność genotypowa ($G/N = 0.685$) jest wyższa, niż średnie wartości stwierdzone dla gatunków o klonalnym typie wzrostu uzyskanych dla wszystkich typów markerów DNA (0.44 (Piquot et al. 1998; Stehlik Holderegger 2000) jak również dla średniej dla markerów AFLP (Honnay Jacquemyn 2008).
- Liczba genotypów (G) w młodych murawach była niemal dwukrotnie większa (24-27) w porównaniu ze starymi (13-18). Najmniejszą liczbę genotypów zanotowano na Grodzisku, zaś największą na Skale Powroźnikowej 1 i 2.

- Ogółem spośród 453 prób wyróżniłem 314 różnych genotypów.
- Obserwowana różnorodność genotypowa ($G/N = 0.685$) jest wyższa, niż średnie wartości stwierdzone dla gatunków o klonalnym typie wzrostu uzyskanych dla wszystkich typów markerów DNA (0.44 (Piquot et al. 1998; Stehlik Holderegger 2000) jak również dla średniej dla markerów AFLP (Honnay Jacquemyn 2008).
- Liczba genotypów (G) w młodych murawach była niemal dwukrotnie większa (24-27) w porównaniu ze starymi (13-18). Najmniejszą liczbę genotypów zanotowano na Grodzisku, zaś największą na Skale Powroźnikowej 1 i 2.

Brachypodium pinnatum - mechanisms of expansion

Wyniki

W. Bąba et al. / Flora 207 (2012) 346–353

349

Table 1

Genetic and genotypic diversity statistics for 12 *Brachypodium pinnatum* populations in the Cracow Jura region (Age = age of studied grasslands; old: >300 years, intermediate: ca. 100 years, young: 30–50 years, PPL – % polymorphic loci, G – number of genotypes (MLLs – multilocus lineages, see *Materials and methods* section), R – clonal richness, β – Pareto distributions of frequency of genets.

| Code | Locality | Age | Longitude | Latitude | Mean shoot density (m ²) | Mean of flowering shoots density (m ²) | PPL | G | R | β |
|------|----------------------|--------------|---------------|---------------|--------------------------------------|--|------|----|-------|---------|
| A | Powroźnikowa1 | Young | 19°40'08.48"E | 50°11'44.06"N | 744.2 | 189.7 | 42.9 | 27 | 0.867 | 3.018 |
| B | Powroźnikowa2 | Young | 19°40'04.53"E | 50°12'02.39"N | 808.5 | 189.2 | 41.2 | 27 | 0.867 | 2.477 |
| C | Raclawice | Young | 19°40'37.06"E | 50°12'02.10"N | 678.2 | 101.7 | 42.6 | 25 | 0.800 | 2.864 |
| M | Skąły Wilisowe | Young | 19°42'30.76"E | 50°11'47.56"N | 850.3 | 127.5 | 41.8 | 24 | 0.734 | 2.254 |
| G | Wielkie Skąły | Intermediate | 19°48'20.17"E | 50°11'23.49"N | 880.0 | 338.8 | 42.2 | 23 | 0.767 | 1.950 |
| H | Dolina Kobylańska | Intermediate | 19°45'42.06"E | 50°9'27.33"N | 689.0 | 235.6 | 44.5 | 23 | 0.733 | 1.713 |
| L | Skąła Żytnia | Intermediate | 19°47'54.96"E | 50°11'14.72"N | 764.2 | 424.1 | 40.2 | 22 | 0.700 | 2.121 |
| D | Bolechowice | Intermediate | 19°46'58.08"E | 50°9'11.28"N | 959.3 | 432.6 | 40.1 | 21 | 0.667 | 1.619 |
| J | Dolina Kluczwoły | Old | 19°49'7.04"E | 50°9'49.94"N | 985.8 | 22.9 | 43.1 | 18 | 0.600 | 1.549 |
| K | Dolina Będkowska | Old | 19°44'21.28"E | 50°8'49.44"N | 1451.3 | 36.2 | 38.6 | 17 | 0.534 | 1.308 |
| F | Grodzisko-Onobrychis | Old | 19°49'36.86"E | 50°13'40.54"N | 1516.8 | 42.0 | 38.7 | 16 | 0.500 | 1.207 |
| E | Grodzisko | Old | 19°49'46.55"E | 50°13'36.39"N | 1361.5 | 20.4 | 38.9 | 13 | 0.445 | 1.131 |

Brachypodium pinnatum - mechanisms of expansion

Wyniki

Table 2

Comparisons of genetic and clonal diversity indices.

| Test | PPL | | G | | R | | β | |
|--------------------|------|---------|------|---------|------|---------|---------|---------|
| | t | p-Value | t | p-Value | t | p-Value | t | p-Value |
| All populations | 3.01 | 0.345ns | 3.09 | 0.0280 | 9.07 | 0.010 | 7.23 | 0.0001 |
| Old-Intermediate | 2.52 | 0.427ns | 2.12 | 0.0390 | 6.08 | 0.034 | 3.78 | 0.0001 |
| Young-Intermediate | 0.23 | 0.634ns | 2.35 | 0.0370 | 6.34 | 0.045 | 3.84 | 0.0120 |
| Young-Old | 2.52 | 0.040 | 2.52 | 0.0400 | 7.12 | 0.012 | 6.48 | 0.0001 |

Table 3

(a) ANOVA results for comparison of means of shoot density between *Brachypodium pinnatum* populations of different ages. (b) TUKEY post hoc test for multiple comparisons between the populations of different ages. Differences to grand mean (mean over all populations) and upper and lower confidence intervals are presented. The p values are adjusted values to error which resulted from multiple comparisons.

| No. | Variable | d.f. | SS | MS | F | p (>F) |
|-----|--------------------------------|-----------|-------------|-------------|-----------|-----------|
| (a) | | | | | | |
| 1. | Shoot density/1 m ² | 2 | 4,670,004 | 2,335,002 | 51.028 | 0.0001*** |
| | Residuals | 249 | 11,394,021 | 45,759 | | |
| 2. | Seed density/1 m ² | 2 | 419,880,666 | 209,940,333 | 818.12 | 0.0001*** |
| | Residuals | 249 | 60,817,511 | 256,614 | | |
| No. | Variable | diff | lwr | upr | P adj | |
| (b) | | | | | | |
| 1. | Shoot density/1 m ² | | | | | |
| | Old-Intermediate | 132.9048 | 53.80651 | 212.0030 | 0.0002*** | |
| | Young-Intermediate | -198.6429 | -252.4494 | 119.5446 | 0.0001*** | |
| | Young-Old | -331.5476 | -410.64587 | 252.4494 | 0.0001*** | |
| 2. | Seed density/1 m ² | | | | | |
| | Old-Intermediate | -3165.519 | -3351.501 | 2979.538 | 0.0001*** | |
| | Young-Intermediate | -1217.678 | -1403.659 | 1031.697 | 0.0001*** | |
| | Young-Old | 1947.842 | 1761.860 | 2133.823 | 0.0001*** | |

Brachypodium pinnatum - mechanisms of expansion

Wyniki

Table 2
Comparisons of genetic and clonal diversity indices.

| Test | PPL | | G | | R | | β | |
|--------------------|------|---------|------|---------|------|---------|---------|---------|
| | t | p-Value | t | p-Value | t | p-Value | t | p-Value |
| All populations | 3.01 | 0.345ns | 3.09 | 0.0280 | 9.07 | 0.010 | 7.23 | 0.0001 |
| Old-Intermediate | 2.52 | 0.427ns | 2.12 | 0.0390 | 6.08 | 0.034 | 3.78 | 0.0001 |
| Young-Intermediate | 0.23 | 0.634ns | 2.35 | 0.0370 | 6.34 | 0.045 | 3.84 | 0.0120 |
| Young-Old | 2.52 | 0.040 | 2.52 | 0.0400 | 7.12 | 0.012 | 6.48 | 0.0001 |

Table 3

(a) ANOVA results for comparison of means of shoot density between *Brachypodium pinnatum* populations of different ages. Differences to grand mean (mean over all populations) and upper and lower confidence intervals are presented. The p values are adjusted values to error which resulted from multiple comparisons.

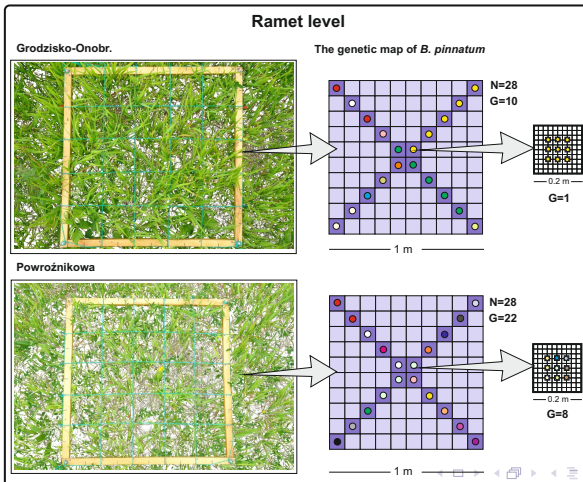
| No. | Variable | d.f. | SS | MS | F | p (>F) |
|-----|--------------------------------|-----------|-------------|-------------|--------|-----------|
| (a) | | | | | | |
| 1. | Shoot density/1 m ² | 2 | 4,670,004 | 2,335,002 | 51.028 | 0.0001*** |
| | Residuals | 249 | 11,394,021 | 45,759 | | |
| 2. | Seed density/1 m ² | 2 | 419,880,666 | 209,940,333 | 818.12 | 0.0001*** |
| | Residuals | 249 | 60,817,511 | 256,614 | | |
| No. | Variable | diff | lwr | upr | P adj | |
| (b) | | | | | | |
| 1. | Shoot density/1 m ² | | | | | |
| | Old-Intermediate | 132.9048 | 53.80651 | 212.0030 | | 0.0002*** |
| | Young-Intermediate | -198.6429 | -252.4494 | 119.5446 | | 0.0001*** |
| | Young-Old | -331.5476 | -410.64587 | 252.4494 | | 0.0001*** |
| 2. | Seed density/1 m ² | | | | | |
| | Old-Intermediate | -3165.519 | -3351.501 | 2979.538 | | 0.0001*** |
| | Young-Intermediate | -1217.678 | -1403.659 | 1031.697 | | 0.0001*** |
| | Young-Old | 1947.842 | 1761.860 | 2133.823 | | 0.0001*** |

- Wzorzec ten potwierdziłem również w mikroskali w młodej murawie stwierdzono 26 genotypów na 1m² i 6 na 10 cm², zaś w starej jedynie 10 i 1 na 10 cm². Podobny wzorzec zaobserwowałem w przypadku współczynnika różnorodności klonalnej (R).
- Spadek liczby klonów z wiekiem murawy wiązał się także ze zmianą wzorca rozmieszczenia przestrzennego klonów.
- Młode populacje złożone były z wielu genotypów o podobnej wielkości ($\beta = 2.2 - 3.01$). W trakcie ekspansji dochodzi do konkurencji między klonami, prowadzącej do wzrostu dominacji niektórych z nich.
- W badaniach wykazałem nieco mniejszy średni i maksymalny zasięg klonu *Brachypodium* - 1.6 m (4 m), w porównaniu ustalonym w oparciu o analizy izoenzymów (Schlapfer Fischer 1998).

- Wzorzec ten potwierdziłem również w mikroskali w młodej murawie stwierdzono 26 genotypów na 1m² i 6 na 10 cm², zaś w starej jedynie 10 i 1 na 10 cm². Podobny wzorzec zaobserwowałem w przypadku współczynnika różnorodności klonalnej (R).
- Spadek liczby klonów z wiekiem murawy wiązał się także ze zmianą wzorca rozmieszczenia przestrzennego klonów.
- Młode populacje złożone były z wielu genotypów o podobnej wielkości ($\beta = 2.2 - 3.01$). W trakcie ekspansji dochodzi do konkurencji między klonami, prowadzącej do wzrostu dominacji niektórych z nich.
- W badaniach wykazałem nieco mniejszy średni i maksymalny zasięg klonu *Brachypodium* - 1.6 m (4 m), w porównaniu ustalonym w oparciu o analizy izoenzymów (Schlapfer Fischer 1998).

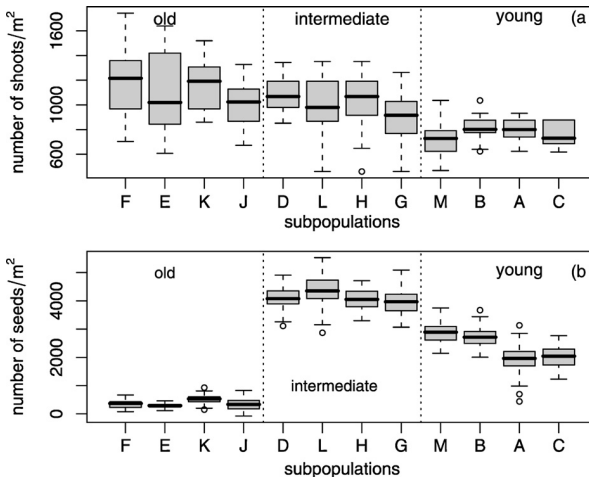
- Wzorzec ten potwierdziłem również w mikroskali w młodej murawie stwierdzono 26 genotypów na 1m² i 6 na 10 cm², zaś w starej jedynie 10 i 1 na 10 cm². Podobny wzorzec zaobserwowałem w przypadku współczynnika różnorodności klonalnej (R).
- Spadek liczby klonów z wiekiem murawy wiązał się także ze zmianą wzorca rozmieszczenia przestrzennego klonów.
- Młode populacje złożone były z wielu genotypów o podobnej wielkości ($\beta = 2.2 - 3.01$). W trakcie ekspansji dochodzi do konkurencji między klonami, prowadzącej do wzrostu dominacji niektórych z nich.
- W badaniach wykazałem nieco mniejszy średni i maksymalny zasięg klonu *Brachypodium* - 1.6 m (4 m), w porównaniu ustalonym w oparciu o analizy izoenzymów (Schlapfer Fischer 1998).

- Wzorzec ten potwierdziłem również w mikroskali w młodej murawie stwierdzono 26 genotypów na 1m² i 6 na 10 cm², zaś w starej jedynie 10 i 1 na 10 cm². Podobny wzorzec zaobserwowałem w przypadku współczynnika różnorodności klonalnej (R).
- Spadek liczby klonów z wiekiem murawy wiązał się także ze zmianą wzorca rozmieszczenia przestrzennego klonów.
- Młode populacje złożone były z wielu genotypów o podobnej wielkości ($\beta = 2.2 - 3.01$). W trakcie ekspansji dochodzi do konkurencji między klonami, prowadzącej do wzrostu dominacji niektórych z nich.
- W badaniach wykazałem nieco mniejszy średni i maksymalny zasięg klonu *Brachypodium* - 1.6 m (4 m), w porównaniu ustalonym w oparciu o analizy izoenzymów (Schlapfer Fischer 1998).



- Zmiany struktury genetycznej populacji znajdują odzwierciedlenie w trade-off między reprodukcją generatywną i wegetatywną.
- Średnia liczba pędów generatywnych oraz produkcja nasion/m² była najwyższa w murawach młodych (2743) i pośrednich (234) i gwałtownie malała w populacjach starych (40). W przypadku liczebności pędów wegetatywnych obserwowałem odwrotny trend (804 i 848 w młodych i średniowiekowych oraz 1216 w starych).

- Zmiany struktury genetycznej populacji znajdują odzwierciedlenie w trade-off między reprodukcją generatywną i wegetatywną.
- Średnia liczba pędów generatywnych oraz produkcja nasion/m² była najwyższa w murawach młodych (2743) i pośrednich (234) i gwałtownie malała w populacjach starych (40). W przypadku liczebności pędów wegetatywnych obserwowałem odwrotny trend (804 i 848 w młodych i średniowiekowych oraz 1216 w starych).



Aklimatyzacja aparatu fotosyntetycznego Bp

Rysunek: Bąba W., Kalaji H.M., Kompała-Bąba A., Goltsev V. (2016)
 Acclimatization of photosynthetic apparatus of tor grass (*Brachypodium pinnatum*) during expansion. PLoS ONE, doi: 10.1371/journal.pone.0156201



RESEARCH ARTICLE

Acclimatization of Photosynthetic Apparatus of Tor Grass (*Brachypodium pinnatum*) during Expansion

Wojciech Bąba^{1*}, Hazem M. Kalaji², Agnieszka Kompała-Bąba³, Vasilij Goltsev⁴

1 Department of Plant Ecology, Institute of Botany, Jagiellonian University, Łubicz 46, 31–512, Kraków, Poland, **2** Department of Plant Physiology, Warsaw University of Life Sciences SGGW, Nowoursynowska 159, 02–776, Warsaw, Poland, **3** Department of Botany and Nature Protection, University of Silesia, Jagiellońska 28, 40–032, Katowice, Poland, **4** Department of Biophysics and Radiobiology, Faculty of Biology, St. Kliment Ohridski University of Sofia, 8 Dr. Tzankov Blvd., 1164, Sofia, Bulgaria

* wojciech.baba12@gmail.com



CrossMark
 click for updates



Zarys problemu

Aklimatyzacja aparatu fotosyntetycznego Bp

- Interesującym zagadnieniem są fizjologiczne mechanizmy aklimatyzacji kłosownicy do warunków siedliskowych, zmieniających się w trakcie ekspansji.
- W badaniach, obok pomiarów morfo-anatomicznych i chemicznych liści, wykorzystałem fluorescencję chlorofilu, metodę stosowaną w badaniach fizjologii stresu roślin.
- Pozwala ona na szybkie i nieinwazyjne określenie wpływu różnego rodzaju stresów środowiskowych na aparat fotosyntetyczny roślin, w szczególności na stan zachowania fotoukładu II, transport elektronów oraz różnorodne procesy regulacyjne (Kalaji et al. 2012, 2016).

Zarys problemu

Aklimatyzacja aparatu fotosyntetycznego Bp

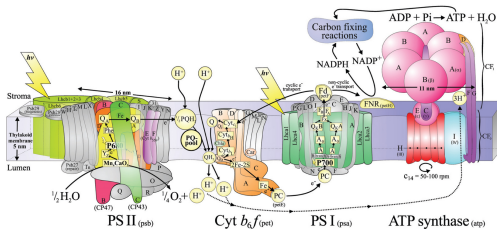
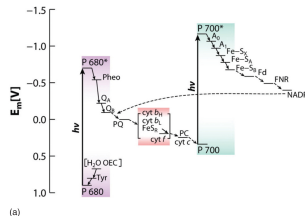
- Interesującym zagadnieniem są fizjologiczne mechanizmy aklimatyzacji kłosownicy do warunków siedliskowych, zmieniających się w trakcie ekspansji.
- W badaniach, obok pomiarów morfo-anatomicznych i chemicznych liści, wykorzystałem fluorescencję chlorofilu, metodę stosowaną w badaniach fizjologii stresu roślin.
- Pozwala ona na szybkie i nieinwazyjne określenie wpływu różnego rodzaju stresów środowiskowych na aparat fotosyntetyczny roślin, w szczególności na stan zachowania fotoukładu II, transport elektronów oraz różnorodne procesy regulacyjne (Kalaji et al. 2012, 2016).

Zarys problemu

Aklimatyzacja aparatu fotosyntetycznego Bp

- Interesującym zagadnieniem są fizjologiczne mechanizmy aklimatyzacji kłosownicy do warunków siedliskowych, zmieniających się w trakcie ekspansji.
- W badaniach, obok pomiarów morfo-anatomicznych i chemicznych liści, wykorzystałem fluorescencję chlorofilu, metodę stosowaną w badaniach fizjologii stresu roślin.
- Pozwala ona na szybkie i nieinwazyjne określenie wpływu różnego rodzaju stresów środowiskowych na aparat fotosyntetyczny roślin, w szczególności na stan zachowania fotoukładu II, transport elektronów oraz różnorodne procesy regulacyjne (Kalaji et al. 2012, 2016).

Electron transfer pathway in oxygenic photosynthetic organisms



Aklimatyzacja aparatu fotosyntetycznego Bp

- W trakcie ekspansji, obserwowano znaczne różnicowanie się cech morfo-anatomicznych liści:
- genotypy ze starych populacji, charakteryzowały się dłuższymi i szerszymi liśćmi, o większej suchej masie (LDM), a także większej średnicy głównej wiązki przewodzącej, większą liczbą komórek pęcherzykowatych, grubszą warstwą komórek sklerenchymatycznych, a także wyższą zawartością chlorofilu na jednostkę powierzchni.

Aklimatyzacja aparatu fotosyntetycznego Bp

- W trakcie ekspansji, obserwowano znaczne różnicowanie się cech morfo-anatomicznych liści:
- genotypy ze starych populacji, charakteryzowały się dłuższymi i szerszymi liśćmi, o większej suchej masie (LDM), a także większej średnicy głównej wiązki przewodzącej, większą liczbą komórek pęcherzykowatych, grubszą warstwą komórek sklerenchymatycznych, a także wyższą zawartością chlorofilu na jednostkę powierzchni.

Aklimatyzacja aparatu fotosyntetycznego Bp

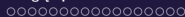
- W komórkach miękkiszowych liści *Brachypodium* z populacji z młodych i starych muraw zaobserwowano przyścienny układ chloroplastów, typowy dla roślin rosnących w warunkach silnego nasłonecznienia.
- Wielkość chloroplastów w mezofilu były istotnie mniejsza, i były one bardziej równomierne w populacjach młodych, w porównaniu ze roślinami populacji starych.
- Jednakże stosunek Chl a/b nie różnił się istotnie między populacjami w różnym wieku.

Aklimatyzacja aparatu fotosyntetycznego Bp

- W komórkach miękkiszowych liści *Brachypodium* z populacji z młodych i starych muraw zaobserwowano przyścienny układ chloroplastów, typowy dla roślin rosnących w warunkach silnego nasłonecznienia.
- Wielkość chloroplastów w mezofilu były istotnie mniejsza, i były one bardziej równomierne w populacjach młodych, w porównaniu ze roślinami populacji starych.
- Jednakże stosunek Chl a/b nie różnił się istotnie między populacjami w różnym wieku.

Aklimatyzacja aparatu fotosyntetycznego Bp

- W komórkach miękkiszowych liści *Brachypodium* z populacji z młodych i starych muraw zaobserwowano przyścienny układ chloroplastów, typowy dla roślin rosnących w warunkach silnego nasłonecznienia.
- Wielkość chloroplastów w mezofilu były istotnie mniejsza, i były one bardziej równomierne w populacjach młodych, w porównaniu ze roślinami populacji starych.
- Jednakże stosunek Chl a/b nie różnił się istotnie między populacjami w różnym wieku.



Wyniki

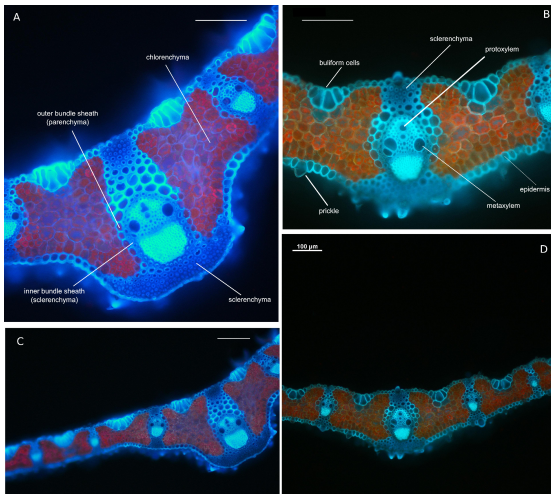
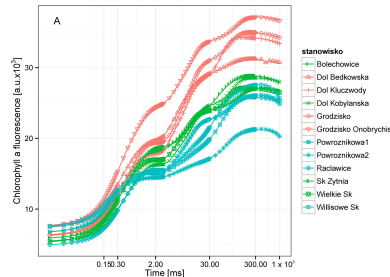
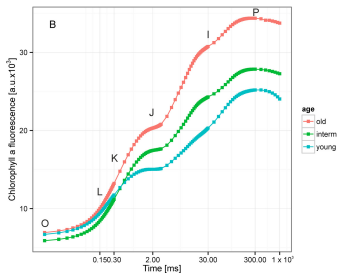
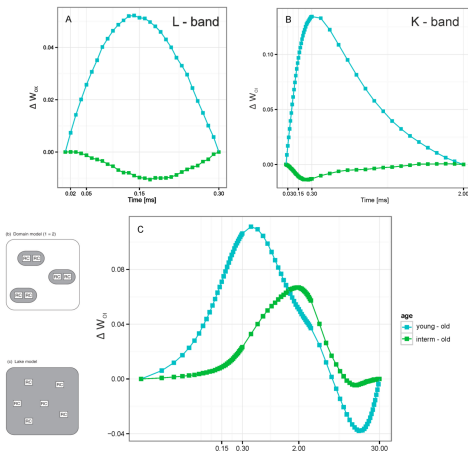
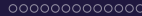
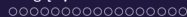


Table 3. The leaf traits, leaf chlorophyll content and parameters of the Chl a fluorescence for grass *Brachypodium pinnatum* from population of different age: young (30–50 years old), intermediate age (ca. 100 years) and old (> 300 years). The means of for each populations are presented, and means±SE for the particular age classes were compared with ANOVA, followed with Tukey post-hoc test. Values with the same letters are not significantly different at $p < 0.05$ level. Abbreviations: LA—leaf area, LDM—Leaf dry matter content, SLA—specific leaf area, LL—leaf length, LW—leaf width. Other abbreviations in Table 1. Locality: Rac-Ractawice, Pow1—Powoznikowa 1, Pow2—Powoznikowa 2, WiSk—Wisłowe Skąły, Kob—Dolina Kobylańska, Żyt—Żytunia, WieSk—Wielkie Skąły, Bolech—Bolechowice, Gro_Onob—Grodzisko Onobrychis, Bedk—Dolina Bedkowska, DKluc—Dolina Kluczowy, Gro_Grodzisko.

| Locality | Rac | Pow1 | Pow2 | WiSk | Kob | Żyt | WieSk | Bolech | Gro_Onob | Bedk | DKluc | Gro | Total | | |
|---------------------------------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|---------|---------|--------------------|--------------------|--------------------|
| age | young | young | young | young | intern | intern | intern | intern | old | old | old | old | young mean | intern mean | old mean |
| n | 81 | 100 | 92 | 97 | 99 | 98 | 100 | 96 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Leaf traits | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leaf chlorophyll content | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ch _a ^a | 307.52 | 272.27 | 241.16 | 245.31 | 404.23 | 428.69 | 378.94 | 362.25 | 455.32 | 397.05 | 448.44 | 433.05 | 266.56 ±17.6a | 303.03 ±16.9b | 433.36 ±15.0b |
| Chl a ^a | 228.15 | 204.25 | 187.57 | 186.11 | 255.79 | 302.98 | 283.89 | 275.76 | 337.53 | 296.78 | 334.15 | 319.10 | 201.62 ±10.7a | 289.60 ±7.0b | 321.89 ±10.7b |
| Chl b ^a | 81.37 | 70.01 | 53.59 | 59.19 | 108.51 | 125.71 | 93.04 | 86.27 | 117.79 | 100.23 | 114.28 | 113.94 | 66.04±7.1a | 103.38 ±10.1b | 111.56 ±4.5b |
| Chl a/b | 2.78 | 2.92 | 3.50 | 3.14 | 2.73 | 2.41 | 3.05 | 3.20 | 2.86 | 2.96 | 2.92 | 2.80 | 3.04±0.1a | 2.84±0.2b | 2.88±0.04b |
| SPAD | 24.44 | 23.7 | 23.8 | 24.8 | 24.5 | 27.5 | 28.5 | 23.2 | 34.7 | 33.9 | 35.01 | 36.1 | 24.88 a ±7.6a | 26.5 a ±5.5a | 34.59 b ±5.6b |
| SLA [gmm ⁻²] | 12290.4 | 16056.5 | 15776.1 | 13254.8 | 11853.67 | 13700.69 | 16362.86 | 11468.35 | 11290.4 | 15156.5 | 14776.1 | 13254.8 | 14204.81 ±267.2 | 13609.73 ±243.4 | 13315.78 ±123.4 |
| LA [mm ²] | 845.20 | 1019.24 | 713.45 | 811.23 | 789.23 | 1122.0 | 936.52 | 905.97 | 1614.78 | 1273.51 | 1581.16 | 1123.24 | 847.20 ±345.3a | 930.73 ±435.2a | 1527.05 ±231.3b |
| LDM [g] | 0.070 | 0.062 | 0.069 | 0.074 | 0.059 | 0.068 | 0.076 | 0.063 | 0.129 | 0.09 | 0.117 | 0.113 | 0.063 ±0.05a | 0.065 ±0.05a | 0.115 ±0.03b |
| LL [mm] | 151.27 | 183.35 | 202.94 | 150.84 | 189.78 | 290.36 | 242.14 | 217.51 | 335.43 | 390.06 | 320.82 | 274.6 | 197.55 ±98.5a | 229.0 ±97.5a | 310.19 ±57.4b |
| LW [mm] | 6.69 | 4.22 | 4.94 | 5.06 | 6.13 | 5.43 | 8.10 | 4.78 | 8.11 | 8.67 | 7.72 | 6.82 | 5.93±1.5a | 6.06±0.9a | 7.82±0.5b |
| Chlorophyll a | | | | | | | | | | | | | | | |

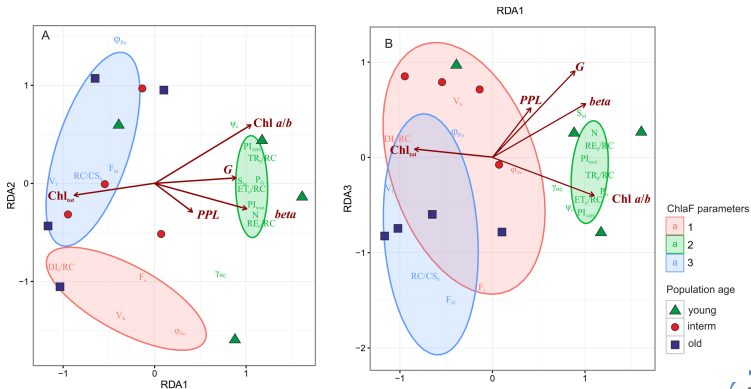






Aklimatyzacja aparatu fotosyntetycznego Bp

Wyniki



Aklimatyzacja aparatu fotosyntetycznego Bp

- W komórkach miękiszowych liści *Brachypodium* z populacji z młodych i starych muraw zaobserwowano przyścienny układ chloroplastów, typowy dla roślin rosnących w warunkach silnego nasłonecznienia.
- Wielkość chloroplastów w mezofilu były istotnie mniejsza, i były one bardziej równomierne w populacjach młodych, w porównaniu ze roślinami populacji starych.
- Jednakże stosunek Chl a/b nie różnił się istotnie między populacjami w różnym wieku.

Aklimatyzacja aparatu fotosyntetycznego Bp

- W komórkach miękiszowych liści *Brachypodium* z populacji z młodych i starych muraw zaobserwowano przyścienny układ chloroplastów, typowy dla roślin rosnących w warunkach silnego nasłonecznienia.
- Wielkość chloroplastów w mezofilu były istotnie mniejsza, i były one bardziej równomierne w populacjach młodych, w porównaniu ze roślinami populacji starych.
- Jednakże stosunek Chl a/b nie różnił się istotnie między populacjami w różnym wieku.

Aklimatyzacja aparatu fotosyntetycznego Bp

- W komórkach miękiszowych liści *Brachypodium* z populacji z młodych i starych muraw zaobserwowano przyścienny układ chloroplastów, typowy dla roślin rosnących w warunkach silnego nasłonecznienia.
- Wielkość chloroplastów w mezofilu były istotnie mniejsza, i były one bardziej równomierne w populacjach młodych, w porównaniu ze roślinami populacji starych.
- Jednakże stosunek Chl a/b nie różnił się istotnie między populacjami w różnym wieku.

Podsumowanie wyników badań

- Wykazano negatywny wpływ *Brachypodium pinnatum* (przy pokryciu powyżej 50-60 procent) na procentowe pokrycie większości roślin murawowych
- Wykazano, że B.p. w początkowych stadiach sukcesji może być naturalnym składnikiem bogatych florystycznie muraw; jej ekspansję zapoczątkowuje zaniechanie koszenia/wypasu oraz odłogowanie pól uprawnych
- Potwierdzono brak wpływu ukształtowania krajobrazu na strukturę genetyczną populacji B.p. oraz istotną rolę długodystansowego transferu genów przy udziale pyłku i nasion w procesie ekspansji B.p. w krajobrazie rolniczym

Podsumowanie wyników badań

- Wykazano negatywny wpływ *Brachypodium pinnatum* (przy pokryciu powyżej 50-60 procent) na procentowe pokrycie większości roślin murawowych
- Wykazano, że B.p. w początkowych stasiach sukcesji może być naturalnym składnikiem bogatych florystycznie muraw; jej ekspansję zapoczątkowuje zaniechanie koszenia/wypasu oraz odłogowanie pól uprawnych
- Potwierdzono brak wpływu ukształtowania krajobrazu na strukturę genetyczną populacji B.p. oraz istotną rolę długodystansowego transferu genów przy udziale pyłku i nasion w procesie ekspansji B.p. w krajobrazie rolniczym

Podsumowanie wyników badań

- Wykazano negatywny wpływ *Brachypodium pinnatum* (przy pokryciu powyżej 50-60 procent) na procentowe pokrycie większości roślin murawowych
- Wykazano, że B.p. w początkowych stasiach sukcesji może być naturalnym składnikiem bogatych florystycznie muraw; jej ekspansję zapoczątkowuje zaniechanie koszenia/wypasu oraz odłogowanie pól uprawnych
- Potwierdzono brak wpływu ukształtowania krajobrazu na strukturę genetyczną populacji B.p. oraz istotną rolę długodystansowego transferu genów przy udziale pyłku i nasion w procesie ekspansji B.p. w krajobrazie rolniczym

Podsumowanie wyników badań

- Poznanie najważniejszych z punktu widzenia poznawczego i praktycznego aspektów biologii i mechanizmów ekspansji B.p.:
 - Przeciętnej średnicy klonu - 1.16m do 4m,
 - Istotnego udziału reprodukcji generatywnej we wczesnych etapach ekspansji,
 - Poznanie mechanizmów wnikania oraz rozprzestrzeniania się klonów B.p. w obrębie kolonizowanych płatów roślinności,
 - Wykazanie silnej konkurencji wewnątrz- i międzyklonalnej oraz selekcji klonów kłosownicy w późniejszych etapach ekspansji,
 - Wykazanie plastycznej adaptacji aparatu fotosyntetycznego do warunków siedliskowych kolonizowanych obszarów, zmieniających się w trakcie ekspansji kłosownicy
- Opracowanie metod zapobiegania rozprzestrzenianiu się kłosownicy

Podsumowanie wyników badań

- Poznanie najważniejszych z punktu widzenia poznawczego i praktycznego aspektów biologii i mechanizmów ekspansji B.p.:
 - Przeciętnej średnicy klonu - 1.16m do 4m,
 - Istotnego udziału reprodukcji generatywnej we wczesnych etapach ekspansji,
 - Poznanie mechanizmów wnikania oraz rozprzestrzeniania się klonów B.p. w obrębie kolonizowanych płatów roślinności,
 - Wykazanie silnej konkurencji wewnątrz- i międzyklonalnej oraz selekcji klonów kłosownicy w późniejszych etapach ekspansji,
 - Wykazanie plastycznej adaptacji aparatu fotosyntetycznego do warunków siedliskowych kolonizowanych obszarów, zmieniających się w trakcie ekspansji kłosownicy
- Opracowanie metod zapobiegania rozprzestrzenianiu się kłosownicy

Podsumowanie wyników badań

- Poznanie najważniejszych z punktu widzenia poznawczego i praktycznego aspektów biologii i mechanizmów ekspansji B.p.:
 - Przeciętnej średnicy klonu - 1.16m do 4m,
 - Istotnego udziału reprodukcji generatywnej we wczesnych etapach ekspansji,
 - Poznanie mechanizmów wnikania oraz rozprzestrzeniania się klonów B.p. w obrębie kolonizowanych płątów roślinności,
 - Wykazanie silnej konkurencji wewnątrz- i międzyklonalnej oraz selekcji klonów kłosownicy w późniejszych etapach ekspansji,
 - Wykazanie plastycznej adaptacji aparatu fotosyntetycznego do warunków siedliskowych kolonizowanych obszarów, zmieniających się w trakcie ekspansji kłosownicy
- Opracowanie metod zapobiegania rozprzestrzenianiu się kłosownicy

Podsumowanie wyników badań

- Poznanie najważniejszych z punktu widzenia poznawczego i praktycznego aspektów biologii i mechanizmów ekspansji B.p.:
 - Przeciętnej średnicy klonu - 1.16m do 4m,
 - Istotnego udziału reprodukcji generatywnej we wczesnych etapach ekspansji,
 - Poznanie mechanizmów wnikania oraz rozprzestrzeniania się klonów B.p. w obrębie kolonizowanych płatów roślinności,
 - Wykazanie silnej konkurencji wewnątrz- i międzyklonalnej oraz selekcji klonów kłosownicy w późniejszych etapach ekspansji,
 - Wykazanie plastycznej adaptacji aparatu fotosyntetycznego do warunków siedliskowych kolonizowanych obszarów, zmieniających się w trakcie ekspansji kłosownicy
- Opracowanie metod zapobiegania rozprzestrzenianiu się kłosownicy

Podsumowanie wyników badań

- Poznanie najważniejszych z punktu widzenia poznawczego i praktycznego aspektów biologii i mechanizmów ekspansji B.p.:
 - Przeciętnej średnicy klonu - 1.16m do 4m,
 - Istotnego udziału reprodukcji generatywnej we wczesnych etapach ekspansji,
 - Poznanie mechanizmów wnikania oraz rozprzestrzeniania się klonów B.p. w obrębie kolonizowanych płątów roślinności,
 - Wykazanie silnej konkurencji wewnątrz- i międzyklonalnej oraz selekcji klonów kłosownicy w późniejszych etapach ekspansji,
 - Wykazanie plastycznej adaptacji aparatu fotosyntetycznego do warunków siedliskowych kolonizowanych obszarów, zmieniających się w trakcie ekspansji kłosownicy
- Opracowanie metod zapobiegania rozprzestrzenianiu się kłosownicy

Photosynth Res (2017) 132:13–66

DOI 10.1007/s1120-016-0318-y



CrossMark

REVIEW

Frequently asked questions about chlorophyll fluorescence, the sequel

Hazem M. Kalaji¹ · Gert Schansker² · Marian Brestic³ · Filippo Bussotti⁴ · Angeles Calatayud⁵ · Lorenzo Ferroni⁶ · Vasilij Goltsev⁷ · Lucia Guidi⁸ · Anjana Jajoo⁹ · Pengmin Li¹⁰ · Pasquale Losciale¹¹ · Vinod K. Mishra¹² · Amarendra N. Misra¹³ · Sergio G. Nebauer¹⁴ · Simonetta Pancaldi⁶ · Consuelo Penella⁵ · Martina Pollastrini⁴ · Kancherla Suresh¹⁵ · Eduardo Tambussi¹⁶ · Marcos Yanniccari¹⁶ · Marek Zivcak³ · Magdalena D. Cetner¹ · Izabela A. Samborska¹ · Alexandrina Stirbet¹⁷ · Katarina Olsovska¹⁸ · Kristyna Kunderlikova¹⁸ · Henry Shelonzek¹⁹ · Szymon Rusinowski²⁰ · Wojciech Bąba²¹

Received: 26 June 2016 / Accepted: 17 October 2016 / Published online: 4 November 2016

© The Author(s) 2016. This article is published with open access at Springerlink.com

Serdecznie dziękujemy Dyrekcji Ojcowskiego PN za umożliwienie
i pomoc w przeprowadzeniu badań



