

УДК 633.25+633.3

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.120.25>

БІОЛОГІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТА КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНІСТЬ ЗМІШАНИХ ПОСІВІВ ОЗИМИХ КОЛОСОВИХ КУЛЬТУР ІЗ ГОРОШКОМ ПОСІВНИМ ЗА ВИРОЩУВАННЯ НА КОРМОВІ ЦІЛІ

Захлебна Т.П. – науковий співробітник відділу польових кормових культур,
сіножатей та пасовищ,

Інститут кормів та сільського господарства Поділля

Національної академії аграрних наук України

У статті наведено результати трирічних досліджень (2015–2017 рр.) щодо вивчення біологічної ефективності та конкурентоспроможності однорічних озимих культур – жита озимого, тритикале озимого та пшениці озимої спельта в змішаних посівах із горошком посівним озимим у разі вирощування на кормові цілі. За допомогою спеціальних методик визначення біологічної ефективності змішаних посівів розраховано критерій відношення земельних еквівалентів (*Land Equivalent Ratio*, LER), коефіцієнти конкурентоспроможності (*Comperatitive ratio*, CR) та агресивності (*Coefficient Agressivity*, CA) бобово-злакових сумішок однорічних озимих культур залежно від співвідношення норм висіву компонентів і фаз їх розвитку під час збирання на різні види кормів. Установлено, що порівняно із посівами одного виду змішані посіви озимих злаків із горошком посівним мають більшу біологічну ефективність, що виражається в зростанні показників LER до 1,06–1,32 од. еквівалентно підвищенню ефективності використання земельних ресурсів на 6–32%. Визначено, що озимі колосові культури мають видову відмінність в інтенсивності наростання зеленої маси та щільності посівів залежно від зміни норм їхнього висіву за спільної сівби з горошком посівним. Це виявляється в особливостях конкурентних взаємозв'язків змішаних посівів. Установлено тенденцію зростання коефіцієнта конкурентоспроможності злаків у разі зміни співвідношення норм висіву в бік збільшення кількості бобового компоненту суміші. Виявлено, що за норм висіву горошку посівного та жита озимого 1,5 млн./га і 2,5 млн./га відповідно, горошку посівного і тритикале озимого 1,8 і 2,0 млн./га, горошку посівного та пшениці озимої 2,1 і 1,5 млн./га відповідно, збалансовується конкурентоспроможність компонентів змішаних агрофітоценозів і мінімізується їхня фітоценотична агресивність упродовж вегетації.

Ключові слова: жито озиме, тритикале озиме, пшениця озима, горошок посівний озимий, відношення земельних еквівалентів, коефіцієнт конкурентоспроможності, коефіцієнт агресивності, норми висіву, фази розвитку.

Zakhlebna T.P. Biological efficiency and competitive ratio of growing hairy vetch with winter cereals in mixed crops for feed production

The article presents the results of a three-year-long research (2015–2017) on the biological efficiency and competitiveness of annual winter crops – winter rye, winter triticale and winter wheat spelta in mixed crops with winter hairy vetch when grown for feed production. Using special methods for determining the biological efficiency of mixed crops, there were determined the criterion of Land Equivalent Ratio (LER), the coefficients of Comperatitive ratio (CR) and Coefficient Agressivity (CA) of legume-cereal mixtures of annual winter crops depending on the ratio components and stage of their growth when harvesting for different types of feed. It was found that compared to single-species crops, mixed crops of winter cereals with hairy vetch have greater biological efficiency, which is expressed in the growth of LER to 1.06–1.32 units. and equivalent to increasing the efficiency of land use by 6–32%. It is determined that winter ear crops have a species difference in the intensity of green mass growth and crop density depending on the change in their sowing rates with hairy vetch. This is reflected in the peculiarities of the competitive relationship of mixed crops. A tendency of increasing the coefficient of competitiveness with changing seeding rates of cereals in the direction of increasing the amount of legume component of the mixture was established. It was determined that at sowing rates of hairy vetch and winter rye 1.5 million / ha and 2.5 million / ha, hairy vetch and winter triticale 1.8 and 2.0 million / ha, hairy vetch and winter wheat – 2.1 and 1.5 million / ha, respectively, the competitiveness of the components of mixed agrophytocenoses is balanced, and their phytocenotic aggressiveness during the growing season is minimized.

Key words: winter rye, winter triticale, winter wheat, hairy vetch, land equivalent ratio, competitive ratio, aggressivity coefficient, seeding rates, growth stages.

Постановка проблеми. Ефективність кормового виробництва тим вища, чим меншими є витрати на вирощування однієї кормової одиниці та більша продуктивність кормових культур. Основним способом підвищення ефективності використання кормових площ є оптимізація змішаних агрофітоценозів, куди входять види бобових та злакових компонентів озимого типу розвитку, збирання яких за традиційних строків сівби для Лісостепу правобережного припадає на кінець травня – першу декаду червня, коли більшість кормових культур ярого типу розвитку ще знаходяться в продукційному процесі [1; 6]. Під час формування таких агрофітоценозів слід урахувати добір компонентів, їхнє співвідношення під час посіву, адже рослини можуть впливати одна на одну не тільки позитивно, добираючись за ярусністю, кореневою системою, що розвивається в різних горизонтах ґрунту, підвищуючи якісні показники, але й негативно, ценотично пригнічуючи більш слабкі види внаслідок міжвидової конкуренції, що може призвести до зменшення продуктивності посівів [8].

Аналіз останніх досліджень. Значне підвищення ефективності використання біологічних факторів в польовому виробництві кормів досягається за рахунок створення високопродуктивних екологічно стійких травостоїв у змішаних посівах із включенням злакових і бобових культур. Шляхом правильного підбору компонентів, сортів і їхніх співвідношень в агрофітоценозах можна збільшити не лише їхню продуктивність, а й фітосанітарну та ресурсощадну функції [4; 5]. Під час формування сумісних посівів однорічних культур вивчення фітоценотичних відносин у процесі росту має важливе наукове значення задля вдосконалення технології їх вирощування. Встановлення напрямку та сили конкуренції компонентів суміші дає можливість більш широко зрозуміти принципи взаємодії рослин та конкурентоспроможність компонентів за вирощування в змішаних посівах. Травостій, в якому компоненти доповнюють один одного, більш пристосований до зовнішніх умов середовища та має більший потенціал кормової продуктивності [3; 2].

Матеріали та методи. Дослідження проведені протягом 2015–2017 рр. на полях кормової сівозміни відділу польових кормових культур, сіножатей і пасовищ Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН. У польовому досліді вивчали жито озиме сорту Забава, тритикале озиме (сорт Богодарське), пшеницю озиму виду спельта (сорт Зоря України) та горошок посівний озимий (сорт Ювілейний) в одновидових і змішаних посівах.

Польовий дослід закладений за двофакторною схемою:

фактор А – норми висіву озимих однорічних культур у чистих та сумісних посівах (млн. схожих насінин на 1 га): 1) жито (5,0); 2) тритикале (5,0); 3) пшениця (5,0); 4) горошок (3,0); 5) жито (2,5) + горошок (1,5); 6) жито (2,0) + горошок (1,8); 7) жито (1,5) + горошок (2,1); 8) тритикале (2,5) + горошок (1,5); 9) тритикале (2,0) + горошок (1,8); 10) тритикале (1,5) + горошок (2,1); 11) пшениця (2,5) + горошок (1,5); 12) пшениця (2,0) + горошок (1,8); 13) пшениця (1,5) + горошок (2,1);

фактор В – фази збирання: 1) колосіння злаків – бутонізація бобових; 2) початок цвітіння-цвітіння; 3) молочно-воскова стиглість – утворення бобиків.

Для оцінки біологічної ефективності змішаних посівів використовували критерії відношення земельних еквівалентів (Land Equivalent Ratio, LER), коефіцієнт агресивності (Coefficient Agressivity, CA) та конкурентоспроможності (Comperative ratio, CR). Розрахунок критеріїв проводили за формулою відношення земельних еквівалентів LER:

$$LER = \frac{Y_{ab}}{Y_{aa}} + \frac{Y_{ba}}{Y_{bb}},$$

де Y_{aa} – урожайність культури А в чистому посіві; Y_{bb} – урожайність культури В у чистому посіві; Y_{ab} – урожайність культури А в сумісному посіві; Y_{ba} – урожайність культури В у сумісному посіві.

Коефіцієнт конкурентоспроможності розрахований за формулою:

$$CR = \frac{LER_a}{LER_b} \times \frac{z_{ba}}{z_{ab}},$$

де LER_a – біологічна ефективність культури А; LER_b – біологічна ефективність культури В; z_{ba} і z_{ab} – частка змішаного посіву від повної норми в монопосіві відповідно під культури А і В.

Коефіцієнт агресивності розрахований за формулою:

$$CA_{ab} = \frac{Y_{ab}}{Y_{aa} \times z_{ab}} - \frac{Y_{ba}}{Y_{bb} \times z_{ba}} \quad [7, \text{с. 33–43}].$$

Постановка завдання. Мета дослідження – оцінка конкурентоспроможності та біологічної ефективності озимих бобово-злакових агрофітоценозів у змішаних посівах.

Виклад основного матеріалу дослідження. Вирощування кормових культур у змішаних посівах може мати суттєві переваги за урожайністю й ефективністю використання кормової площі над монокультурою. Одним із часто використовуваних показників для порівняльної оцінки змішаного посіву над монокультурою є відношення земельних еквівалентів LER [11; 9]. Згідно з цим показником перевагою вирощування сумісних посівів вважають досягнення мінімального впливу міжвидової конкуренції у продуктивному процесі порівняно з внутрішньо видовою за вирощування монокультури [10]. За допомогою критерію LER проводять розрахунок ефективності використання сумісним посівом земельної площі порівняно з монокультурою кожного компоненту. Коли значення $LER \leq 1$, вирощування змішаного посіву є неефективним, оскільки та ж сама кількість продукції може бути отримана в чистому посіві компонентів, вирощених окремо один від одного на різних площах. У випадку, коли значення $LER > 1$, біологічна ефективність сумісного посіву вища за монокультуру. Аналіз біологічної ефективності змішаних посівів за допомогою показника LER у поєднанні з іншими методами дозволяє відстежити спрямування конкурентних взаємовідносин у сумішках та виділити найбільш ефективні з вивчених варіантів.

Визначення величини показника LER у нашому дослідженні показало, що висівання компонентів у сумішках половинною нормою висіву від чистого посіву (озимі колосові 2,5 млн./га, горошок посівний озимий 1,5 млн./га, співвідношення 50% + 50%) призводило до підвищення ефективності використання кормової площі на 12–32% ($LER = 1,10\text{–}1,22$). У разі збільшення норми висіву горошку посівного в сумішках від 50% (1,5 млн.) до 75% (2,1 млн.) та відповідного зменшення злаків біологічна ефективність змішаного посіву, хоч і мала тенденцію до зниження, все ж була вищою, ніж посіви культур одного виду. Оскільки показник $LER > 1$, це дозволяє використовувати земельну площу ефективніше на 6–22% в разі збирання врожаю на зелений корм, на 12–32% – під час збирання на сіно, на 10–23% – у разі збирання на сінаж (табл. 1).

Таблиця 1

Біологічна ефективність вирощування змішаних посівів озимих культур за різних норм висіву компонентів та строків збирання (середнє значення, 2015–2017 рр.)

Варіант	Види культур, норма висіву, млн шт./га	Фази збирання					
		Колосіння злаків/ бутонізація бобових		Цвітіння		Молочна стиглість зерна	
		Вихід сухої речовини, т/га	LER	Вихід сухої речовини, т/га	LER	Вихід сухої речовини, т/га	LER
1	Жито, 5,0	10,05	1,00	14,97	1,00	14,52	1,00
2	Тритикале, 5,0	8,67	1,00	12,80	1,00	13,24	1,00
3	Пшениця, 5,0	7,96	1,00	11,38	1,00	12,33	1,00
4	Горошок, 3,0	4,18	1,00	5,94	1,00	6,29	1,00
5	Жито, 2,5	5,82	1,22	8,76	1,12	8,41	1,15
	Горошок, 1,5	2,63		3,17		3,61	
	Всього	8,45		11,93		12,01	
6	Жито, 2,0	5,03	1,18	7,63	1,13	7,24	1,14
	Горошок, 1,8	2,81		3,68		4,01	
	Всього	7,85		11,31		11,25	
7	Жито, 1,5	4,22	1,19	6,24	1,17	6,71	1,10
	Горошок, 2,1	3,20		4,43		4,02	
	Всього	7,42		10,67		10,74	
8	Тритикале, 2,5	4,43	1,21	7,37	1,19	7,33	1,17
	Горошок, 1,5	2,90		3,59		3,87	
	Всього	7,34		10,96		11,20	
9	Тритикале, 2,0	3,87	1,19	6,18	1,22	6,50	1,23
	Горошок, 1,8	3,08		4,34		4,62	
	Всього	6,95		10,52		11,12	
10	Тритикале, 1,5	2,89	1,21	4,77	1,15	5,08	1,12
	Горошок, 2,1	3,65		4,54		4,62	
	Всього	6,54		9,31		9,71	
11	Пшениця, 2,5	3,66	1,21	5,67	1,32	6,93	1,23
	Горошок, 1,5	3,08		4,80		4,19	
	Всього	6,74		10,48		11,13	
12	Пшениця, 2,0	3,12	1,12	5,05	1,27	5,72	1,21
	Горошок, 1,8	3,00		4,82		4,74	
	Всього	6,12		9,87		10,46	
13	Пшениця, 1,5	2,49	1,06	3,87	1,18	4,57	1,13
	Горошок, 2,1	3,09		4,92		4,86	
	Всього	5,58		8,79		9,43	

Конкурентні взаємозв'язки змішаних агрофітоценозів можна оцінити за допомогою коефіцієнтів конкурентоспроможності та агресивності окремо як бобового, так і злакового компонентів. Чим більше значення CR, тим більшою є різниця

в конкурентній спроможності компонентів сумішки та частки їхньої урожайності в ній. Якщо $CR \leq 1$, існує взаємна позитивна вигода, яка означає, що конкуренція між компонентами обмежена та їх можна вирощувати як сумісні культури. Однак, якщо значення більше 1 ($CR > 1$), виникає негативний вплив. У цьому випадку конкуренція між культурами занадто висока. Результати нашого дослідження свідчать про те, що збільшення норми висіву бобового компонента не тільки не призводить до значного впливу на злаки, але й навпаки, їхня конкурентоздатність зростає. Взаємовплив конкуренції бобових і злаків у сумісних посівах спостерігався із зворотною залежністю (рис. 1). Так, якщо конкурентна здатність одного компоненту зростала зі збільшенням норми висіву, то відповідно іншого – зменшувалася. В посівах жита озимого з горошком (співвідношення норм висіву 50% : 50% для одновидових посівів) коефіцієнт конкурентоспроможності майже не змінювався залежно від строку скошування і становив у злакового компоненту від 0,94 (у фазу колосіння) до 1,10 (цвітіння) і 1,00 (у фазу молочної стиглості зерна). Відповідно в горошку ці показники становили від 0,94 до 1,09, що вказує на їхню однакову конкурентоспроможність у такому співвідношенні висіву.

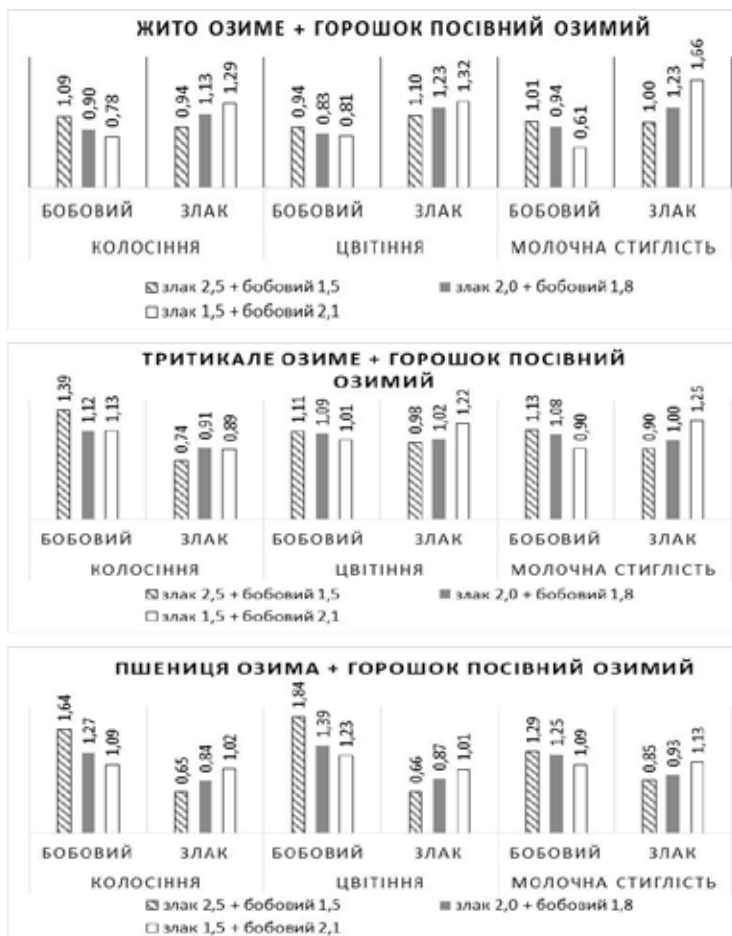


Рис. 1. Коефіцієнти конкурентоспроможності (CR) озимих сумішей за вирощування на кормові цілі

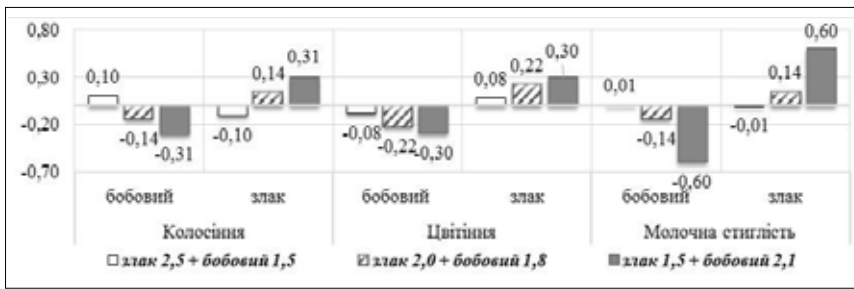
Водночас у разі збільшення норм висіву бобового та зменшення злакового компонентів спостерігалася тенденція щодо збільшення коефіцієнту конкурентоспроможності останнього. Так, за співвідношення норми висіву 40% + 60% (жито озиме 2,0 млн./га, горошок посівний 1,8 млн./га) коефіцієнт конкурентоспроможності злакового компонента зріс до 1,13–1,23 од., тоді як бобового – знизився до 0,83–0,94 од. Подальше зменшення норми висіву жита озимого до 1,5 млн./га та підвищення норми висіву горошку до 2,1 млн./га (співвідношення 30% + 70%) зумовило посилення конкурентоспроможності злакового компоненту до рівня $CR = 1,29–1,66$, і, відповідно, зниження конкурентної спроможності бобового виду ($CR = 0,61–0,78$). При чому різниця в коефіцієнті конкурентоспроможності цих видів у сумісному посіві зростала від ранньої до більш пізньої стадії їхнього розвитку.

У варіантах змішаного посіву тритикале озимого з горошком посівним озимим спостерігалася тенденція збільшення конкурентоспроможності злакового компоненту під час зменшення норми його висіву в суміші з бобовим видом, але порівняно з житом озимим вона була менш вираженою. Це, на наш погляд, пов'язано з видовою особливістю озимих колосових щодо різної інтенсивності кушення рослин. За половинної норми висіву компонентів в такому посіві перевага коефіцієнта конкурентоспроможності належала горошку посівному: в фазу колосіння тритикале озимого CR бобового виду становив 1,39 проти 0,74 у злакового, в фазу цвітіння – відповідно 1,11 та 0,98, в фазу молочної стиглості зерна – відповідно 1,13 та 0,90. Зменшення норми висіву тритикале озимого від 2,5 до 1,5 млн./га та відповідне збільшення норми висіву горошку посівного від 1,5 до 2,1 млн./га зумовило зростання коефіцієнта кушення злакового компоненту і, як наслідок, підвищення його конкурентоспроможності в змішаному посіві з найвищими показниками CR залежно від фази збирання (1,22–1,25 проти 0,90–1,01 в бобового). Але слід зазначити, що в цьому посіві відносна вирівненість коефіцієнта конкурентоспроможності обох компонентів свідчить про їхню фітоценотичну сумісність.

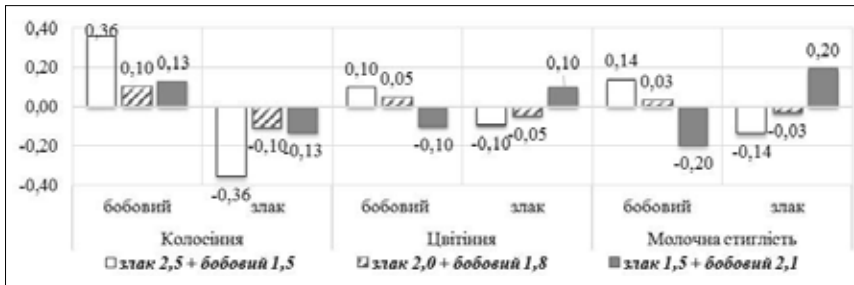
Найменш конкурентоспроможною в змішаному посіві з горошком озимим є пшениця озима. Через значне відставання в рості й розвитку від бобового компоненту впродовж вегетації коефіцієнт конкурентоспроможності її поступово збільшувався внаслідок зміни співвідношення норми висіву та настання фаз збиральної стиглості. Конкурентоспроможність пшениці озимої була більшою в змішаному посіві з горошком озимим лише за норм її висіву 1,5 млн./га у фазу молочної стиглості зерна ($CR = 1,13$ проти 1,09 в бобового компоненту).

Якщо CR свідчить про силу конкуренції, то CA показує її напрямок. Значення коефіцієнта агресивності, які в змішаних посівах дорівнюють нулю, вказують на те, що компоненти фітоценотично толерантні. Позитивний знак цього показника буде в більш ценотично активного компоненту травостою, а від'ємний знак – у менш конкурентоспроможного. Так, на рис. 2 графічно зображено напрямки конкуренції та коефіцієнти агресивності змішаних посівів озимих колосових культур із горошком озимим на кормові цілі залежно від норм висіву та фаз збирання.

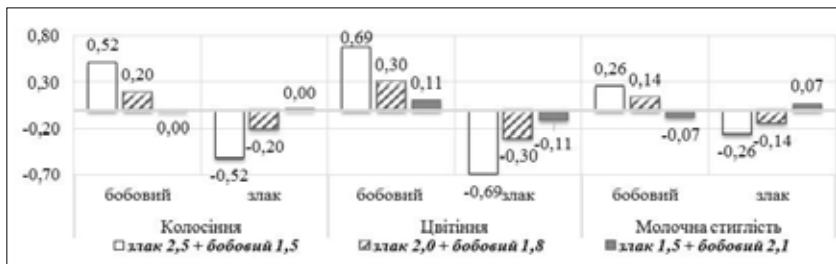
Вміст графіків фактично підтверджує тенденції та особливості конкурентоспроможності видів у змішаних посівах, описані вище. Можна констатувати, що найменшими показниками коефіцієнта агресивності, отже, взаємодоповнюваністю в фітоценозах характеризувалися змішані посіви жита озимого з горошком у 50% нормі висіву від чистого посіву, тритикале озимого з горошком з нормою висіву відповідно 2,0 і 1,8 млн./га, пшениці озимої із горошком із нормою висіву 1,5 і 2,1 млн./га відповідно.



а)



б)



в)

Рис. 2. Коефіцієнти агресивності культур змішаних посівів із різними нормами висіву та строками збирання: а – жито озиме + горошок посівний; б – тритикале озиме + горошок посівний; в – пшениця озима + горошок посівний

Висновки. Вирощування змішаних посівів озимих колосових культур із горошком посівним на кормовій цілі в умовах правобережного Лісостепу за біологічною ефективністю більш доцільне, ніж посіви одного виду. В разі збирання на зелений корм (у фазу колосіння) кормова площа використовується більш ефективно на 21 %, при збиранні на сіно (фаза цвітіння) – на 32 %, а за збирання на сінаж (фаза молочної стиглості зерна) – на 23 %. Нівелювати негативний вплив міжвидової конкуренції і ценотичної агресивності компонентів у таких посівах можна шляхом регулювання співвідношення норм висіву. Оптимальними нормами висіву з огляду на взаємодоповнюваність видів у змішаних посівах жита озимого з горошком посівним є висів 2,5 млн./га злакового компоненту і 1,5 млн./га – бобового; тритикале озимого 2,0 млн./га і горошку 1,8 млн./га; пшениці озимої 1,5 млн./га і горошку 2,1 млн./га. За таких норм висіву збалансовується конкурентоспроможність компонентів агрофітоценозів і зводиться до мінімуму їхня фітоценотична агресивність упродовж вегетації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Артемов И.А., Черних Р.Н., Первущин В.М., Велибекова Е.Б. Первокласные корма – главный резерв укрепления кормовой базы. *Кормопроизводство*. 2001. № 12. С. 26–31.
2. Безгодов А. В., Галимов К. А., Ахметханов В. Ф. Биологическая эффективность и конкурентная способность вики посевной яровой при выращивании в смеси с рапсом на семена и зернофураж. *Аграрный вестник Урала*. 2020. № 12 (203). С. 2–14. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-203-12-2-14.
3. Васин В. Г., Васин А. В. Зернобобовые культуры в чистых и смешанных посевах на зерносеяж и зернофураж для создания полноценной кормовой базы в Самарской области. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2012. № 2. С. 87–98.
4. Векленко Ю.А., Гетман Н.Я., Захлебна Т.П., Ксенчина О.М. Продуктивність кормових культур та ефективність їх вирощування за органічного виробництва рослинної сировини. *Корми і кормовиробництво*. 2020. № 89. С. 143–150. DOI: <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202089-14>
5. Вишневецька О.В., Тугуєва І.В., Маркіна О.В. Біологічна оцінка продуктивності гетерогенних посівів з участю люпину вузьколистого та злакових культур. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2018. Вип. 64. С. 18–30. URL: [https://www.doi.org/10.32636/01308521.2018-\(64\)-2](https://www.doi.org/10.32636/01308521.2018-(64)-2)
6. Лехман О.В. Урожайність зеленої маси сумісних посівів вівса з бобовими культурами. *Актуальні проблеми агропромислового виробництва України: матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених (с. Оброшино, 12 листопада 2014 р.)*. Львів-Оброшино, 2014. С. 40.
7. Методическое руководство по исследованию смешанных агрофитоценозов / Н.А. Ламан и др. Мн.: Наука і техніка, 1996. 101 с.
8. Петриченко В. Ф., Пелех І. Я. Вивчення конкурентних взаємозв'язків і продуктивності кормових агрофитоценозів. *Вісник аграрної науки*. 2010. № 1. С. 33–36.
9. Identification of species traits enhancing yield in wheat-faba bean intercropping: development and sensitivity analysis of a minimalist mixture model / H.N.C. Berghuijs, Z. Wang, T.J. Stomph, M. Weih, W. Van der Werf, G. Vico. *Plant Soil*. 2020. Vol. 455. P. 203–226.
10. Klimek-Kopyra A, Zajac T, Rebilas K. A mathematical model for the evaluation of cooperation and competition effects in intercrops. *European Journal of Agronomy*. 2013. Vol. 51. P. 9–17.
11. Willey RW, Rao MR. Intercroppings – its importance and research needs. Part 1. Competition and yield advantages. *Field Crops Abstracts*. 1980. Vol. 32. P. 1–10.